

Logistikarbeit in NRW: Technologische Perspektiven, mögliche Konsequenzen für die Arbeit und Handlungsempfehlungen

Dregger, Johannes; Hülsmann, Thorsten; Schmidt, Michael

Veröffentlichungsversion / Published Version

Gutachten / expert report

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:

Dregger, J., Hülsmann, T., & Schmidt, M. (2017). *Logistikarbeit in NRW: Technologische Perspektiven, mögliche Konsequenzen für die Arbeit und Handlungsempfehlungen*. (FGW-Studie Digitalisierung von Arbeit, 3). Düsseldorf: Forschungsinstitut für gesellschaftliche Weiterentwicklung e.V. (FGW). <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-67632-1>

Nutzungsbedingungen:

Dieser Text wird unter einer CC BY-NC-ND Lizenz (Namensnennung-Nicht-kommerziell-Keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Nähere Auskünfte zu den CC-Lizenzen finden Sie hier:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.de>

Terms of use:

This document is made available under a CC BY-NC-ND Licence (Attribution-Non Commercial-NoDerivatives). For more information see:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>



FGW-Studie

Digitalisierung von Arbeit 03



Johannes Dregger, Michael Schmidt, Thorsten Hülsmann

Logistikarbeit in NRW

Technologische Perspektiven, mögliche Konsequenzen für die Arbeit und Handlungsempfehlungen

Herausgeber



FGW – Forschungsinstitut für gesellschaftliche Weiterentwicklung e.V.
Kronenstraße 62
40217 Düsseldorf

Telefon: 0211 99450080
E-Mail: info@fgw-nrw.de
www.fgw-nrw.de

Geschäftsführendes Vorstandsmitglied

Prof. Dr. Dirk Messner

Themenbereich

Digitalisierung von Arbeit - Industrie 4.0

Themenverantwortliches Vorstandsmitglied

Prof. Dr. Hartmut Hirsch-Kreinsen

Förderung

Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Landes Nordrhein-Westfalen

ISSN

2510-4101

Erscheinungsdatum

Düsseldorf, August 2017

Logistikarbeit in NRW

Technologische Perspektiven, mögliche Konsequenzen für die Arbeit und Handlungsempfehlungen

Auf einen Blick

- Die fortschreitende Digitalisierung nimmt Einfluss auf alle Ebenen der Wertschöpfung, weshalb die Logistik in ihrer verbindenden Funktion der verschiedenen Wertschöpfungsstufen von Produkten zwangsläufig dem Einfluss von Digitalisierung unterliegt.
- In NRW arbeiten rund 548.000 Beschäftigte in der Logistik. Gemessen an allen Beschäftigten des Bundeslandes entspricht dies einem Anteil von 8,8 %. National betrachtet bedeutet das, rund 22 % aller Logistikbeschäftigten arbeiten in NRW. Im Ländervergleich lässt sich sagen, dass NRW für die Logistik deutschlandweit der größte Arbeitsmarkt und -platz ist.
- Vernetzung und Digitalisierung in der Logistik gehen mit veränderten Arbeitsprozessen und -inhalten einher. Einfache, operative Tätigkeiten (wie bspw. Kommissionieren) sind primär direkt von dieser Entwicklung betroffen, weshalb hier auch die größeren Substitutionsgefahren bestehen. Fachkräfte und Akademiker_innen werden vermehrt mit der Gestaltung und Vorantreibung des digitalen Wandels konfrontiert sein, wie bspw. mit dem Entwickeln innovativer Logistikprozesse und -geschäftsmodelle.
- Im Hinblick auf Digitalisierung haben insbesondere die KMU-Logistikbetriebe in NRW noch Aufholbedarf. Diese Unternehmen müssen durch konkrete Anwendungsfälle motiviert und überzeugt werden, die Logistik 4.0 mitzugestalten. Dazu sind bereits einige Rahmenbedingungen (wie bspw. Demonstrationszentren und Breitbandausbau) seitens der Politik gegeben, jedoch besteht hier noch weiterer Handlungsbedarf (wie bspw. eine Förderung von Logistik-Start-ups und eine Anpassung der Ausbildungspläne).

Abstracts

Logistikarbeit in NRW – Technologische Perspektiven, mögliche Konsequenzen für die Arbeit und Handlungsempfehlungen

Die Logistik ist für das Bundesland Nordrhein-Westfalen von großer ökonomischer Bedeutung. Etwa ein Fünftel der Beschäftigten arbeitet in der Logistik und in der erweiterten Logistikbranche (inklusive Industrie und Handel). Allein 12 der 40 größten Handelsfirmen haben ihren Sitz in NRW. Vom Umsatz her betrachtet ist diese Branche die größte in NRW.

Nicht nur in NRW sieht sich die Logistik mit einer zunehmenden Digitalisierung konfrontiert: zum einen auf der Seite der Konsument_innen, zum anderen auf der Seite der Logistikbetriebe. Die unter dem Label *Industrie 4.0* bekannte Zukunftsvision einer digitalisierten und vernetzten Wertschöpfungskette bietet enorme Potentiale für die Logistik, die per definitionem die Prozesse der Industrie gestaltet. In diesem Zusammenhang spielen bspw. cyberphysische Systeme, welche ‚intelligente‘ Geräte, aber auch Prozesse miteinander verknüpfen, zunehmend eine Rolle.

Die Kurzexpertise liefert aus technologischer Perspektive eine Einschätzung auf die Zukunftsvision der *Industrie 4.0* im Zusammenhang mit der Logistikbranche in NRW. Dabei werden Entwicklungsperspektiven digitaler Technologien in der Logistik sowie der Wandel von Arbeit in der Logistik betrachtet.

Logistics labour in North Rhine-Westphalia (NRW) – technological perspectives, possible consequences for work and recommendations for action

Logistics is of great economic importance to the federal state of NRW. About one-fifth of the employees works in the logistics and in the extended logistics sector (including industry and trade). 12 of Germany's 40 largest trading companies are based in NRW. Regarding sales figures, it is even the largest in NRW.

Not only in NRW logistics is confronted with increasing digitalization: by consumers as well as by logistics companies. The future vision of a digitized and networked value chain (better known as *Industry 4.0*) offers enormous potential for logistics, which by definition designs the processes of industry. In this context, for example, cyber-physical systems connecting 'intelligent' devices and also processes are gaining in importance.

The brief expertise provides an evaluation from a technological point of view on the future vision of *Industry 4.0* concerning the logistics industry in NRW. The development perspectives of digital technologies in logistics as well as the change of logistics labour are considered.

Danksagung

Die vorliegende Kurzexpertise wurde im Frühjahr 2017 im Auftrag des Forschungsinstitutes für gesellschaftliche Weiterentwicklung e. V. (FGW) erstellt. Für ihre Unterstützung bei der Recherche gilt der besondere Dank Natalie Maciocha und Benjamin Ruhe. Des Weiteren sei Christian Prasse (Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML) für seinen fruchtbaren Input gedankt.

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	vi
Abkürzungsverzeichnis	vi
1 Einleitung	1
2 Logistikportrait NRW.....	3
2.1 Logistikbeschäftigung	3
2.2 Logistikinfrastruktur	6
2.2.1 Luftfahrt.....	6
2.2.2 Straßenverkehr	6
2.2.3 Eisenbahnverkehr	7
2.2.4 Binnenschifffahrt	7
2.3 Logistikregionen	8
2.3.1 Rheinland.....	8
2.3.2 Ruhrgebiet	9
2.3.3 Ostwestfalen-Lippe.....	10
3 Relevanz der Digitalisierung für die Logistik in NRW.....	11
3.1 Von Industrie 4.0 hin zu Logistik 4.0.....	13
3.2 Logistikforschung im Bereich der Digitalisierung	15
3.2.1 SmARPro	15
3.2.2 EffizienzCluster LogistikRuhr	16
3.2.3 ABEKO	16
3.2.4 SmartFactory OWL.....	16
3.2.5 InventAIRy	17
3.2.6 Social Manufacturing and Logistics	17
4 Digitale Technologien in der Logistik.....	18
4.1 Big Data.....	18
4.2 Transport	19
4.2.1 Autonome Lastkraftwagen	19
4.2.2 Digitalisierung im Schienengüterverkehr	20
4.3 Umschlag	21

4.4	Lager	23
4.4.1	Assistenzsysteme	23
4.4.2	Augmented Reality	24
4.4.3	Transportroboter	25
5	Auswirkungen der Digitalisierung auf Logistikarbeit	26
5.1	Einfache Tätigkeiten	27
5.1.1	Lieferdienstleistungen	28
5.1.2	Innerbetrieblicher Transport	29
5.1.3	Kommissioniertätigkeiten	30
5.2	Fachkräfte mit Ausbildungsberufen	30
5.3	Akademische Fachkräfte	32
5.4	Strukturelle Herausforderungen	32
6	Der Weg zu einer humanorientierten Logistikarbeit	34
6.1	Handlungsempfehlungen für Unternehmen	34
6.2	Handlungsempfehlungen für die Politik	35
	Literatur	38

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Logistikbeschäftigungsintensivste Branchen in NRW aus Industrie und Handel	4
Abbildung 2: Berufsstruktur der Logistikbeschäftigten.....	4
Abbildung 3: Branchenstruktur der Logistikbeschäftigten	5
Abbildung 4: Regionale Logistikbeschäftigung in NRW.....	5
Abbildung 5: Anwendungsbeispiel für Augmented Reality.....	25

Abkürzungsverzeichnis

AGV	Automated Guided Vehicle
B2B	Business-to-Business
B2C	Business-to-Consumer
CIM	Computer Integrated Manufacturing
CPS	cyberphysisches System
ETCS	European Train Control System
IHK	Industrie- und Handelskammer
JIS	just in sequence
JIT	just in time
KEP	Kurier-, Express- und Paketdienstleister
KMU	kleine und mittelständische Unternehmen
KV	kombinierter Verkehr
LKW	Lastkraftwagen
NRW	Nordrhein-Westfalen
TEU	Twenty-foot Equivalent Unit
TUL	Transport, Umschlag und Lager

1 Einleitung

Mit seinen 17,87 Millionen Einwohner_innen ist Nordrhein-Westfalen¹ nicht nur das bevölkerungsreichste Bundesland in Deutschland, sondern zudem auch das am dichtesten besiedelte (vgl. Statistisches Bundesamt 2017). Die rund 9,1 Millionen Erwerbstätigen erwirtschafteten im Jahr 2014 ein Bruttoinlandsprodukt in Höhe von 624,7 Milliarden Euro, was einem Anteil von knapp 22 % am bundesweiten Bruttoinlandsprodukt entspricht (vgl. Staatskanzlei des Landes Nordrhein-Westfalen 2017). 15,9 % aller Exportgüter Deutschlands stammen aus NRW und 22,4 % aller Importgüter werden in das Bundesland eingeführt, sodass jährlich über 250 Millionen Tonnen Waren über die Landesgrenzen hinweg bewegt werden (vgl. LogistikCluster NRW 2015).

Überall dort, wo Menschen leben und arbeiten, kommt der Logistik eine besondere Bedeutung zu – denn sie sorgt dafür, dass Güter fließen. Aufgrund ihrer bereichsübergreifenden Funktion findet sich die Logistik in nahezu allen Branchen wieder; ihr Aufgabenspektrum reicht dabei weit über die reine Transportfunktion hinaus. So fallen unter anderem auch die Aufgaben des Lagers, Umschlagens, Einkaufens, Planens und Koordinierens in ihren Zuständigkeitsbereich.

Im Hinblick auf den Ballungs- und Wirtschaftsraum NRW lässt sich also schlussfolgern, dass der Logistik hier eine besondere Bedeutung zukommt. Allein im Wirtschaftszweig Verkehr und Lagerung, welcher ungefähr 20.000 Unternehmen umfasst, konnte im Jahr 2015 ein Umsatz von 60 Milliarden Euro erzielt werden (vgl. Statistisches Bundesamt 2017, S. 55). Die hohe volkswirtschaftliche Relevanz spiegelt sich auch im Bereich der Beschäftigung wider: Die Logistikbranche ist mit 548.000 sozialversicherungspflichtig Beschäftigten die drittgrößte Branche des Bundeslandes (vgl. Kübler et al. 2015, S. 85).

Historisch bedingt ist die nordrhein-westfälische Logistikbranche stark mit der industriellen Fertigung verbunden; zudem gewährleistet sie die Befriedigung des hohen Konsumbedarfs der Bevölkerung. Die Branche ist gekennzeichnet durch eine Vielzahl kleiner und mittelständischer Unternehmen (KMU), die teilweise eine starke Spezialisierung aufweisen und ihre Services an lokale Auftraggeber_innen angepasst haben.

Die zu beobachtende fortschreitende Digitalisierung im Geschäfts- wie auch im Privatbereich geht auch an der Logistikbranche nicht vorbei. Die unter dem Label *Industrie 4.0* populäre Zukunftsvision einer digitalisierten und vernetzten Wertschöpfungskette bietet enorme Potentiale für die Logistik, die per definitionem die Prozesse der Industrie gestaltet. Auf Konsumentenseite ist eine stetig wachsende Bedeutung des E-Commerce und eine Atomisierung der Warensendungen zu verzeichnen. Diese beiden Beispiele verdeutlichen, warum Digitalisierung auch in der Logistik eine bedeutende Rolle spielt.

¹ Im Folgenden wird aus Gründen der Lesbarkeit für *Nordrhein-Westfalen* ausschließlich die Abkürzung *NRW* verwendet.

Mit der Digitalisierung geht die Entstehung einer immensen Anzahl von Daten einher, die mittels algorithmischer Verarbeitung approximativ in Echtzeit zugänglich und nutzbar gemacht werden können. Dies bietet unter anderem die Grundlage für die Entstehung neuer, digitaler Technologien, die das Arbeiten in logistischen Prozessen grundlegend verändern können. Anhand einer Betrachtung der Veränderung in den TUL-Prozessen durch den Einsatz digitaler Technologien werden im Rahmen dieser Kurzexpertise Anwendungspotentiale und -perspektiven derselben beispielhaft betrachtet.

Vielfach und heiß diskutiert werden die Folgen des Einsatzes von digitalen Technologien in der Logistik. Einigkeit besteht in der Einsicht, dass sich die menschliche Arbeit verändern wird. Infolgedessen wird, auf den Einsatzgebieten menschlicher Arbeitskraft – von Hilfsarbeit bis hin zu akademischem Fachpersonal – aufbauend, erörtert, welchen Einfluss der Einsatz digitaler Technologien auf die jeweiligen Tätigkeiten hat.

Im Zusammenhang mit der Digitalisierung und der Veränderung der Tätigkeiten menschlicher Arbeit werden Chancen und Risiken für die Unternehmen, aber auch für die gesamte Volkswirtschaft sichtbar. Aus diesem Grund widmet sich der letzte Punkt dieser Kurzexpertise Handlungsempfehlungen für Unternehmen und Politik.

Die Kurzexpertise basiert auf Evidenzen aus laufenden und abgeschlossenen Forschungsaktivitäten der Autoren sowie Logistikforschungsprojekten der TU Dortmund, des Fraunhofer IML und der EffizienzCluster Management GmbH sowie auf Recherchen.

2 Logistikportrait NRW

Im Folgenden wird ein grundlegendes Bild der Logistikbranche in NRW gezeichnet. Dabei erfolgt zuerst eine Bestandsaufnahme zur Logistikbeschäftigung. Danach wird die Logistikinfrastruktur des Landes beschrieben. Zuletzt werden Regionen porträtiert, die besondere Relevanz für die Logistik haben.

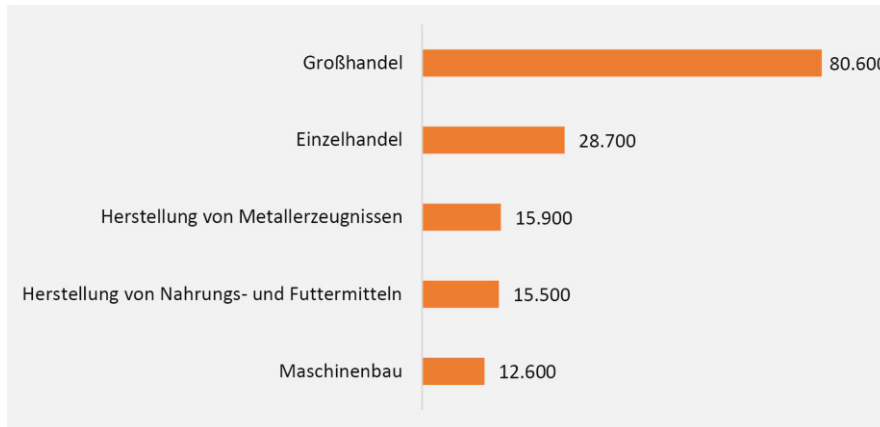
2.1 Logistikbeschäftigung

Aufgrund der Querschnittsfunktion der Logistik und der damit verbundenen unklaren Abgrenzung zu anderen logistiknahen Bereichen ist die Identifikation von Logistikbeschäftigten, bspw. aus Daten des Statistischen Bundesamtes, nicht unmittelbar trivial. Daher existieren wenige aussagekräftige Studien zur Logistikbeschäftigung in NRW im Spezifischen und in Deutschland allgemein. Die Fraunhofer-Arbeitsgruppe für Supply Chain Services um Kübler, Distel und Veres-Homme widmet sich im Zweijahresrhythmus dieser Herausforderung. Ihre jüngste Studie stammt aus dem Mai 2015 (vgl. Kübler et al. 2015). Dazu haben die Forscher eine Methode entwickelt, die die Logistikinhalte der ausgeübten Tätigkeiten anhand der Statistik der sozialversicherungspflichtigen Beschäftigung in Deutschland bewertet. Somit wird die logistikrelevante Beschäftigung aus der Statistik extrahiert.

In NRW arbeiten rund 548.000 Beschäftigte in der Logistik. Gemessen an allen Beschäftigten des Bundeslandes entspricht dies einem Anteil von 8,8 %. National betrachtet bedeutet das, rund 22 % aller Logistikbeschäftigten arbeiten in NRW. Im Ländervergleich lässt sich sagen, dass NRW für die Logistik deutschlandweit der größte Arbeitsmarkt und -platz ist.

Regional lässt sich sagen, dass die Logistik einen hohen Stellenwert für Beschäftigung hat. Beschäftigt werden die Arbeitnehmer_innen dabei vorrangig im Handel, der zur erweiterten Logistikbranche zählt: Allein 12 der 40 größten Handelsfirmen haben ihren Sitz in NRW (vgl. NRW.INVEST GmbH 2017, S. 7; vgl. auch Abbildung 1 zum Stellenwert der Handelsbranche für die Logistik).

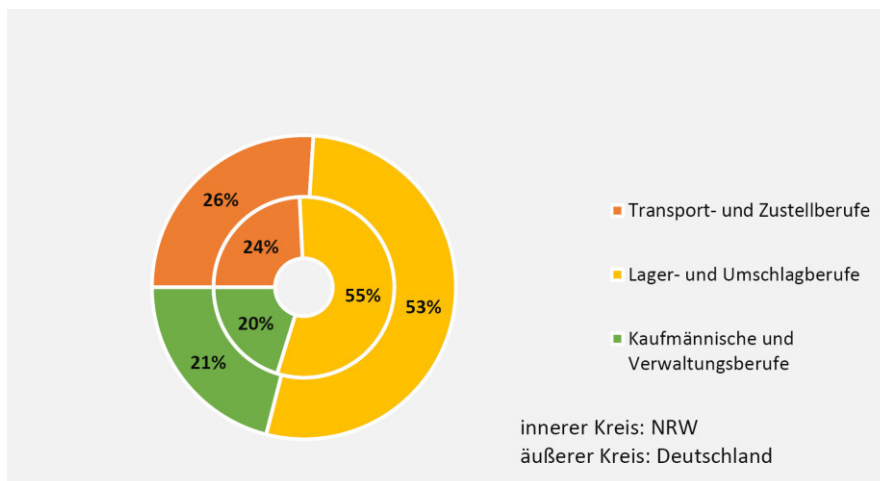
Abbildung 1: Logistikbeschäftigungsintensivste Branchen in NRW aus Industrie und Handel



Quelle: eigene Grafik, erstellt nach Kübler et al. 2015, S. 85

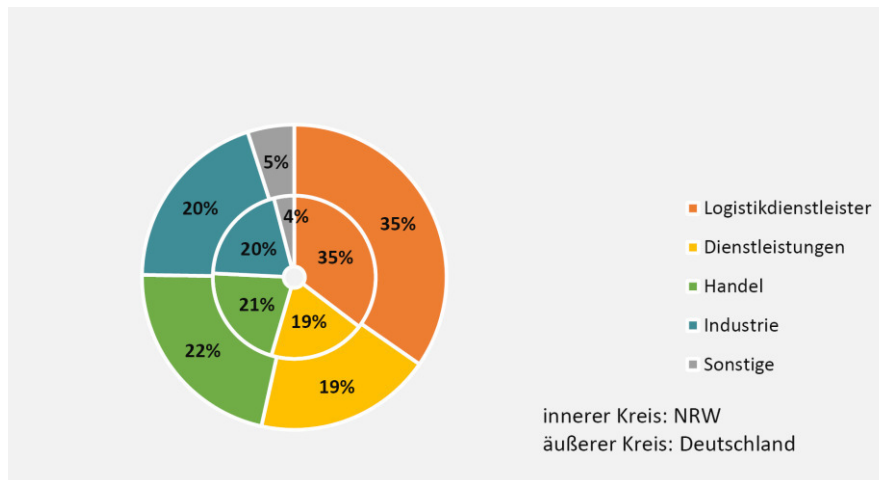
Die Berufs- und Branchenstruktur in NRW unterscheidet sich nur unwesentlich von der bundesweiten Verteilung derselben (vgl. Abbildung 2; Abbildung 3).

Abbildung 2: Berufsstruktur der Logistikbeschäftigten



Quelle: eigene Grafik, erstellt nach Kübler et al. 2015, S. 85

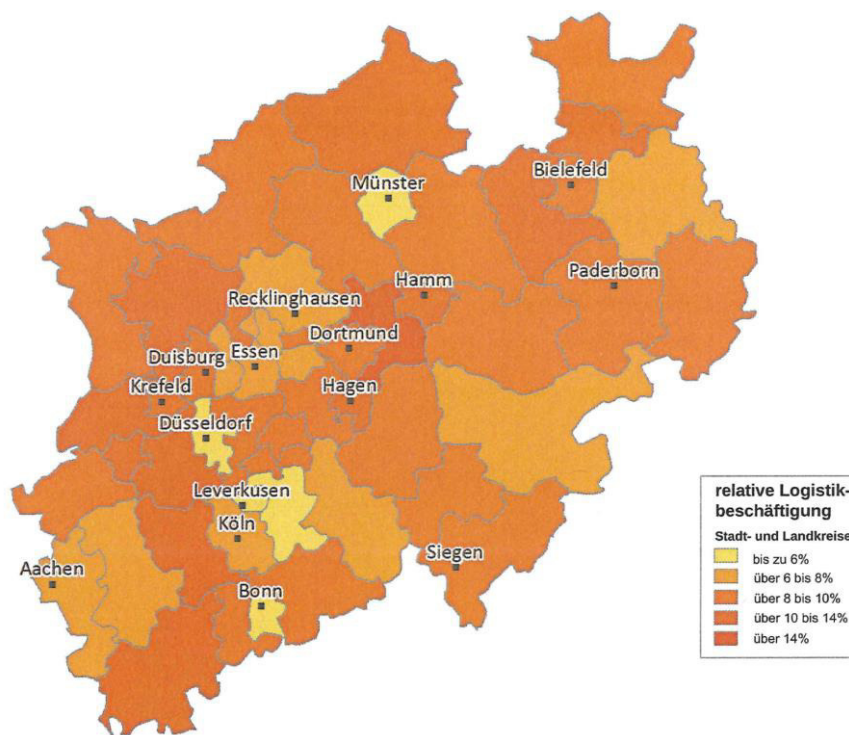
Abbildung 3: Branchenstruktur der Logistikbeschäftigten



Quelle: eigene Grafik, erstellt nach Kübler et al. 2015, S. 85

Regional betrachtet findet sich die höchste Logistikbeschäftigungsintensität im Landkreis Unna (KV-Terminal Unna-Bönen sowie zahlreiche Logistikansiedlungen) sowie in den Landkreisen westlich des Ruhrgebiets (Versorgung des Ruhrgebiets und Kölner Raums auf der letzten Meile) (vgl. Abbildung 4).

Abbildung 4: Regionale Logistikbeschäftigung in NRW



Quelle: Kübler et al. 2015, S. 85

2.2 Logistikinfrastruktur

Zur Gewährleistung von Güterflüssen ist eine logistische Infrastruktur zwingende Voraussetzung. Im Folgenden wird die Logistikinfrastruktur des Bundeslandes anhand der verschiedenen Verkehrsträger beschrieben.

2.2.1 Luftfahrt

NRW verfügt über zwei internationale Großflughäfen: Düsseldorf Airport und Köln Bonn Airport. Der Düsseldorf Airport ist mit 22,5 Millionen Passagier_innen im Jahr 2015 der drittgrößte Flughafen Deutschlands und hat ein jährliches Luftfrachtaufkommen von mehr als 100.000 Tonnen (vgl. Düsseldorf Airport 2015, S. 31, S. 60). Köln Bonn Airport belegt mit 10,3 Millionen Passagier_innen im Jahr 2015 den siebten Platz der bundesweit größten Flughäfen. Wird das Luftfrachtaufkommen mit rund 758.000 Tonnen betrachtet, belegt Köln Bonn Airport den dritten Platz in Deutschland (vgl. Köln Bonn Airport 2015).

Weitere Flughäfen mit Konzentration auf den innerdeutschen und europäischen Raum finden sich in Dortmund, Münster, Osnabrück, Paderborn/Lippstadt sowie in Weeze/Niederrhein. Von Nordrhein-Westfalens Flughäfen werden täglich über 400 internationale Direktflüge angeboten (vgl. Ministerium für Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen 2017a). Über die Straßen- und Schienenverbindung sind weiterhin der Flughafen in Frankfurt am Main, der als europäisches Luftdrehkreuz gilt, sowie der Flughafen Maastricht (Niederlande) gut angebunden. Das Luftfrachtaufkommen, also Güter, die per Flugzeug von oder zu diesem Standort transportiert werden, ist vernachlässigbar. Alle Flughäfen verfügen jedoch über sog. Luftfrachtsammelpunkte bzw. -dienste, die für die jeweiligen Regionen entsprechende Sammel-, Verpackungs- und Abwicklungsdienstleistungen anbieten. Die an den jeweiligen Standorten aufgenommenen und abgewickelten Ladungen werden dann zumeist per LKW z. B. nach Düsseldorf, Frankfurt oder Luxemburg transportiert, um von dort aus per Luftfracht befördert zu werden.

2.2.2 Straßenverkehr

Aus nationaler sowie europäischer Perspektive befindet sich NRW im Schnittpunkt wichtiger Verkehrsachsen. Insgesamt ist das Land auf 29.567 km über Straßen befahrbar. 17,2 % der bundesdeutschen Autobahnen verlaufen durch NRW. Damit ist fast jede Kommune an eine Autobahn angebunden. Auf den 2.200 km Autobahn, 4.700 km Bundes-, 12.800 km Land- sowie 9.800 km Kreisstraßen finden täglich 25 % des gesamtdeutschen Verkehrs statt. Durchschnittlich 59.900 Kraftfahrzeuge werden täglich auf den Autobahnen des Landes gezählt (vgl. Ministerium für Wirtschaft, Energie, Bauen, Wohnen und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen 2010, S. 27; Ministerium für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen 2015, S. 2; Ministerium für Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen 2017d). Die Hauptverkehrsadern A 1 und A 3 verbinden NRW mit Norddeutschland sowie den Niederlanden. Darüber hinaus verbinden die A 4 und die A 52 die Niederlande direkt mit dem Ruhrgebiet.

2.2.3 Eisenbahnverkehr

In NRW findet man ein ausgeprägtes Schienennetz vor. Insgesamt 11.978 km Gleise durchziehen das Bundesland. Auf einer Streckenlänge von 6.000 Kilometern werden jährlich 2,1 Milliarden Fahrgäste auf über 100 Millionen Zugkilometern im Schienenpersonennahverkehr im dichtesten Schienennetz Deutschlands befördert. Auch der Güterverkehr findet in NRW gute Voraussetzungen. So wurden im Jahr 2015 69.002.000 Tonnen Waren über die Schienen versendet und 64.393.000 Tonnen empfangen (vgl. Information und Technik Nordrhein-Westfalen 2016).

Die Großumschlaganlage Köln Eifeltor gilt als wichtigstes KV-Terminal in Deutschland und ist ebenso europaweit von hoher Bedeutung (vgl. DB Netze 2016). Weitere KV-Terminals finden sich im Raum Köln, in Duisburg, im östlichen Ruhrgebiet sowie in Hagen. Über die Betuweroute ist NRW direkt mit dem Seehafen Rotterdam verbunden. Ebenso enden die niederländische Brabant- sowie die Montzenroute in NRW. Darüber hinaus sind das Ruhrgebiet und der Niederrhein über den ‚Eisernen Rhein‘ direkt mit dem Antwerpener Hafen verbunden. Im Personenverkehr soll der Rhein-Ruhr-Express, der als bedeutendstes Schienenprojekt des Landes benannt wird, ab 2030 den Straßenverkehr entlasten. Es wird auf eine Verlagerung des Personenverkehrs von mehr als 30.000 Fahrten pro Werktag hin geplant (vgl. Ministerium für Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen 2017b).

2.2.4 Binnenschifffahrt

Die Wasserstraßen NRWs verbinden das Land mit den wichtigsten europäischen Seehäfen – Amsterdam, Antwerpen, Rotterdam, Emden und Hamburg. Insgesamt verfügt das Land über 720 km Wasserstraßeninfrastruktur. Hierzu zählen etwa 226 km des Rheins, der eine der frequentiertesten Wasserstraßen der Welt ist. Neben dem Rhein sind auch Ruhr, Ems und Weser schiffbar. Darüber hinaus verfügt NRW mit dem Dortmund-Ems-Kanal, dem Datteln-Hamm-Kanal, dem Wesel-Datteln-Kanal, dem Rhein-Herne-Kanal sowie der Weststrecke des Mittellandkanals über ein dichtes Kanalnetz, das etwa 480 km umfasst. Zudem existieren 120 Häfen, von denen 23 öffentlich betrieben werden (vgl. Ministerium für Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen 2017c). Besonders hervorzuheben sind die Häfen in Duisburg und Dortmund. Der Duisburger Hafen gilt, einschließlich seiner privaten Werkshäfen, als weltgrößter Binnenhafen und erreichte im Jahr 2015 einen Containerumschlag von 3,6 Millionen TEU (vgl. Duisburger Hafen 2015, S. 5, S. 41). Der Dortmunder Hafen ist Europas größter Kanalhafen und verzeichnet einschließlich des Containerumschlags einen Güterumschlag von etwa 3 Millionen Tonnen jährlich (vgl. Dortmunder Hafen 2017). Etwa ein Viertel der Güter wird an den öffentlichen Rheinhäfen umgeschlagen; die Privathäfen hingegen dominieren den Güterumschlag der Montanindustrie mit Eisenerz, Steinen und Erden, Stahlprodukten, Mineralölprodukten, Steinkohle und Schrott und schlagen ungefähr die Hälfte des Gesamtgüterumschlags um (vgl. Ministerium für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen 2016, S. 38 ff.).

2.3 Logistikregionen

In NRW haben sich Kernregionen herauskristallisiert, die besondere logistische Stärken aufweisen. In Anlehnung an eine Branchenanalyse vom LogistikCluster NRW werden im Folgenden die Regionen Rheinland, Ruhrgebiet sowie Ostwestfalen-Lippe exemplarisch betrachtet (vgl. LogistikCluster NRW 2017).

2.3.1 Rheinland

Das Rheinland liegt im Süden und Westen von NRW und im Zentrum des europäischen Verbrauchermarktes. Es umfasst die IHK-Kammerbezirke Aachen, Bonn/Rhein-Sieg, Düsseldorf, Köln, Mittlerer Niederrhein sowie Wuppertal-Solingen-Remscheid. Die Industriekultur ist einerseits durch multinationale Konzerne geprägt. So findet sich beispielsweise der Hauptsitz der Deutschen Post AG in Bonn, UPS hat den Flughafen Köln/Bonn zu seinem europäischen Hauptdrehkreuz gemacht und Henkel, Bayer und Lanxess nutzen den Rhein als Wasserstraße für ihre weltweite Distribution. Ebenso betreiben große Handelsunternehmen wie OBI, Rewe, LIDL, TK Maxx und Zalando Distributionszentren entlang der Rheinschiene. Andererseits sind hier ebenso kleine und mittelständische Unternehmen angesiedelt, die mitunter in ihrem Marktsegment als Hidden Champions die Weltmarktführerschaft erreichen konnten.

Neben der zentraleuropäischen Lage und der Nähe zu den Beneluxstaaten ist ein weiterer Faktor, der die Logistikbranche in dieser Region so erfolgreich macht, die Anbindung zu großräumigen Verkehrskorridoren. So kreuzen sich zwei der neun paneuropäischen Kerntransportnetzkorridore im Rheinland: die Route Rhein-Alpen sowie die Route Nordsee-Baltischer Raum (vgl. Jockel/Müller 2014, S. 14). Ebenso wurde die Bedeutung der Region als europäischer Distributions- und Logistikstandort im Rahmen der EU-Osterweiterung weiter gestärkt.

Von den 548.000 in NRW sozialversicherungspflichtig beschäftigten Mitarbeiter_innen der Logistikbranche entfällt etwa ein Drittel auf die Unternehmen im Rheinland (vgl. Jockel/Müller 2014; Kübler et al. 2015, S. 86 ff.).

Im Rheinland lassen sich vier bedeutende kleinere Logistikregionen ausmachen. So ist im Raum Köln/Bonn ein starker Fokus auf die Handel- und Chemielogistik auszumachen. In der Region Mittlerer Niederrhein/Düsseldorf zeigt sich ein sehr heterogenes Industrie- und Handelsumfeld; daher arbeiten hier zahlreiche Logistikdienstleister mit ebenso heterogenen Branchen- und Verkehrsschwerpunkten. Das Bergische Land zeichnet sich durch seine verkehrslogistische Lage aus, denn es liegt zwischen dem Ruhrgebiet und dem Raum Köln/Bonn. Der Raum Aachen ist charakterisiert durch die verkehrsgünstige Lage in unmittelbarer Nähe zu den Beneluxstaaten (vgl. LogistikCluster NRW 2015).

2.3.2 Ruhrgebiet

Das Ruhrgebiet liegt im Herzen von NRW und ist mit rund 5,1 Millionen Einwohnern das größte Ballungszentrum Deutschlands und damit eines der größten Ballungszentren Europas (vgl. Statistisches Bundesamt 2015). Üblicherweise orientieren sich die Grenzen des Ruhrgebiets an den Grenzen des Regionalverbands Ruhr, welcher Bochum, Bottrop, Dortmund, Duisburg, Essen, Gelsenkirchen, Hagen, Hamm, Herne und Mülheim an der Ruhr umfasst und zu Teilen durch die Kreise Recklinghausen, Unna, Wesel und Ennepe-Ruhr ergänzt wird.

Geprägt durch den Strukturwandel der letzten 30 Jahre hat sich das Bild des Ruhrgebiets stark verändert. Heutzutage finden sich dort insbesondere Großunternehmen aus der Versicherungs-, Energie- und Entsorgungswirtschaft wieder (vgl. Industrie- und Handelskammer Dortmund 2016, S. 18). Gleichzeitig jedoch übernehmen Infrastrukturanbieter und Logistikunternehmen im Ruhrgebiet wichtige Logistikfunktionen für die Region und benachbarte Regionen. Ebenso wie das westliche NRW (Rheinland) wurde die Bedeutung des Ruhrgebiets als europäischer Distributions- und Logistikstandort im Rahmen der EU-Osterweiterung weiter gestärkt. Dies manifestiert sich insbesondere durch die Verschiebung des sog. europäischen logistischen Mittelpunkts von der Region Venlo (vor der EU-Osterweiterung) in die Region Kassel (nach der EU-Osterweiterung). Somit haben sich auch Standorte im Ruhrgebiet (z. B. im Westen Logistikflächen des Duisburger Hafens oder im Osten ehemalige Montanflächen in Dortmund) zu Standorten mit europäischer Distributions- und Logistikfunktion entwickelt (z. B. IKEA in Dortmund-Ellinghausen, Audi im Duisburger Hafen).

Der logistische Schwerpunkt des östlichen Ruhrgebiets konzentriert sich auf den Handel, der sowohl die Versorgung des Ballungsraums als auch die Versorgung angrenzender Regionen sicherstellt. Besonders der Einzelhandel ist hier sehr stark vertreten. Die Autobahnen A 1, A 2, A 44 und A 45 vernetzen die einzelnen Städte des Ruhrgebiets sehr engmaschig und ermöglichen kurze Transportwege der Waren. Beispiele für Logistikzentren des Handels sind Edeka in Hamm, KiK in Bönen, REWE und Tedi in Dortmund, Dachser in Herne, IKEA in Dortmund etc. Das mittlere Ruhrgebiet (insbesondere Bochum, Herne, Gelsenkirchen und Recklinghausen) ist ein bevorzugter Standort der KEP-Dienstleister, welche sich um die *Logistik der letzten Meile* kümmern, also die Zustellung zur Haustür des Kunden.

Dortmund im östlichen Ruhrgebiet ist zudem ein bedeutender Standort im Bereich der Logistikforschung. Mit dem Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML ist das größte Logistikforschungszentrum Deutschlands dort ansässig. Dieses ist in das Technologiezentrum Dortmund TZDO eingebettet, das sich in unmittelbarer Nähe zur Technischen Universität Dortmund befindet und technologieorientierte Unternehmen der Logistik beheimatet (vgl. TechnologieZentrum Dortmund 2017). Zahlreiche deutschland- und europaweite Initiativen im Bereich der Logistikforschung werden vom Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML koordiniert und gemanagt, so z. B. der EffizienzCluster LogistikRuhr als Sieger des Spitzencluster-Wettbewerbs der Bundesregierung, das Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Digital in NRW oder das Leistungszentrum Logistik und IT.

2.3.3 Ostwestfalen-Lippe

Die Region Ostwestfalen-Lippe umfasst die Stadt Bielefeld und die Kreise Gütersloh, Herford, Höxter, Lippe, Minden-Lübbecke sowie Paderborn – und ist bekannt für seinen starken Mittelstand. Etwa 150.000 Unternehmen, von denen 70 % dem Mittelstand zugeordnet werden, tragen mit rund einer Million Mitarbeiter_innen 60 Milliarden Euro jährlich zum Bruttoinlandsprodukt bei. Kennzeichnend für die Region ist ein starker Branchenmix: Unternehmen der Sparten Maschinenbau, Möbelindustrie, Gesundheitswirtschaft, Metallverarbeitungs-, Automobilzuliefer- und Elektroindustrie, IT sowie Ernährungsgewerbe sind in der Region angesiedelt. So finden sich unter anderem Beckhoff, Bertelsmann, Claas, DMG MORI, Gerry Weber, Harting, Miele, Phoenix Contact, Dr. Oetker, Schüco, WAGO, Weidmüller und Wincor Nixdorf in Ostwestfalen-Lippe (vgl. OstWestfalenLippe GmbH 2016, S. 2). Aufgrund der prosperierenden Industrie ist auch die Logistik der Region stark diversifiziert und an die Branchen angepasst (vgl. LogistikCluster NRW 2015).

3 Relevanz der Digitalisierung für die Logistik in NRW

Die allgemein zu beobachtende Entwicklung hin zu einer digitalisierten Industrie birgt für die Logistik, die eine Querschnittsfunktion über Branchengrenzen hinweg einnimmt, eine Vielzahl von Chancen. Es kann davon ausgegangen werden, dass die fortschreitende Digitalisierung Einfluss auf alle Ebenen der Wertschöpfung nehmen wird, weshalb die Logistik in ihrer verbindenden Funktion der verschiedenen Wertschöpfungsstufen von Produkten zwangsläufig dem Einfluss von Digitalisierung unterliegt. Die stetig wachsende Bedeutung von Informationen und Informationsgewinnung kumuliert so in der Entwicklung hin zu einer ‚Data-Driven Economy‘, was umfangreiche Auswirkungen auf Arbeitsweisen und -inhalte auf den unterschiedlichen Stufen der Wertschöpfung hat (vgl. Cavanillas et al. 2016, S. 14 ff.; Lemke 2015).

Der grundlegendste Aspekt der Relevanz von Digitalisierung ergibt sich aus der Rolle der nordrhein-westfälischen Logistikbranche in Bezug auf Wertschöpfung und Beschäftigung. Als drittgrößtem Arbeitgeber in NRW kommt der Logistikbranche im Hinblick auf die Veränderung von Arbeit und Arbeitsbedingungen eine bedeutende volkswirtschaftliche Rolle zu. Angesichts des industriellen Wandels und der Entwicklung hin zu einer Dienstleistungsgesellschaft stellt die Logistikbranche auch einen bedeutenden Teil von Strategien zur erfolgreichen Bewältigung des Strukturwandels bereit. Beispiele hierfür sind die langjährige gezielte Förderung der Logistikbranche in Dortmund (in Form von Technologiezentrum, Forschungsinstituten oder Logistikstudiengang) oder die Ansiedlung von Logistikunternehmen auf ehemaligen Industrieflächen (wie jüngst DHL auf dem Gelände des ehemaligen Bochumer Opelwerks oder Amazon auf dem Gelände der Dortmunder Westfalenhütte). Darüber hinaus bedingen Veränderungen der Arbeit großer gesellschaftlicher Gruppen auch soziale Veränderungen, wie Bildungs- und Aufstiegschancen betroffener Gruppen.

Bei der Logistikbranche in NRW handelt es sich sowohl um eine stark mit der fertigenden Industrie verbundene als auch um eine stark verbraucherorientierte Branche. Dieser Zustand ergibt sich aus dem Umfang der in NRW erbrachten Wertschöpfung sowie der Position dieses Bundeslands als bevölkerungsreicher und folglich konsumstarker Ballungsraum (vgl. Kübler et al. 2015, S. 6 ff.). In diesem Fall bezieht die Digitalisierung ihre Relevanz aus mehreren einflussreichen Entwicklungen. Drei grundlegende Treiber unterstreichen die Relevanz der Digitalisierung für die Logistikbranche in NRW, wobei diese untereinander Verbindungen und Interdependenzen aufweisen:

- Digitalisierung der Wertschöpfung
- Individualisierung von Produkten
- Optimierungsanforderungen

Die Logistikbranche weist einen hohen Anteil an kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) auf, welche ein eingeschränktes Geschäftsportfolio anbieten (vgl. Söllner 2014, S. 43). So

erbringen viele Unternehmen vergleichsweise simple logistische Leistungen wie etwa Speditionsdienstleistungen. Auch findet eine hohe regionale Spezialisierung statt, sodass die Portfolios an lokale Auftraggeber_innen angepasst sind. Die Spezialisierungsquote kann folglich als hoch angesehen werden. Darüber hinaus kann eine hohe Verzahnung mit dem produzierenden Gewerbe festgestellt werden. Diese Faktoren ergeben einen hohen Einfluss der Entwicklungen im produzierenden Gewerbe auf die im Umfeld tätigen Logistikunternehmen. Verstärkt wird diese Situation durch die von modernen Supply-Chain-Management-Konzepten getriebene Tendenz zur Prozessintegration auch über Unternehmensgrenzen hinaus, wodurch die organisatorischen und informationstechnischen Trennungen zwischen Supply-Chain-Partnern aufgeweicht werden. So kann es zur Diffusion von Digitalisierungstechnologien auch in die Logistik-KMU kommen. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass insbesondere kleinere Unternehmen aufgrund des ggf. hohen Investitionsaufwandes, der internen Organisationsstrukturen oder fehlendem Know-how im Vergleich zu größeren Unternehmen eine größere Hemmschwelle gegenüber digitalen Technologien haben und folglich eher durch ihre Rolle als Supply-Chain-Partner mit neuartigen Technologien in Berührung kommen werden.

Dennoch greift eine Einordnung der Logistik als passive bzw. lediglich reaktiv agierende Branche zu kurz. Aufgrund des nach wie vor hohen Anteils traditioneller Industrien bleibt die Bedeutung herkömmlicher Logistikdienstleistungen im TUL-Bereich hoch. Dennoch gewinnen komplexere Dienstleistungen an Bedeutung, wie etwa im Bereich E-Commerce oder bei der Fertigung komplexer Produkte, z. B. durch JIT/JIS-Produktionsprogramme. Die eigenständige Erschließung digitaler Technologien ist eher von größeren Unternehmen zu erwarten, die über entsprechende Mittel, Strukturen und Wissen verfügen und darüber hinaus die Innovationsfähigkeit unternehmensintern priorisieren. Umfangreiche Optimierungspotentiale durch die Nutzung digitaler Technologien bestehen jedoch unabhängig von der Unternehmensgröße. Insbesondere vor dem Hintergrund der wachsenden Bedeutung von Daten ergeben sich viele Optimierungspotentiale für die Logistik in NRW, beispielsweise bei der Verbesserung von Tourenplanungen in diesem von dichtem Verkehr und Stau gebeutelten Bundesland. Für ihre erfolgreiche Nutzung sind jedoch umfangreiche Kenntnisse und technische Infrastrukturen notwendig. Die Ausstattung mit technischem Equipment und entsprechend geschulten Mitarbeiter_innen variiert jedoch in einer so vielfältigen und vielschichtigen Branche wie der Logistik.

Die Nähe zu renommierten Forschungs- und Ausbildungseinrichtungen stellt hierbei ein erhebliches Potential an Synergien dar, durch das Verbindungen zu einflussreichen Akteur_innen des wissenschaftlichen Diskurses um Digitalisierung und Industrie 4.0 ermöglicht werden. Bedingt durch die fortschreitende Digitalisierung ist zukünftig von einem erhöhten Bedarf an qualifizierten Arbeitskräften, insbesondere mit akademischer Ausbildung, auszugehen. Folglich ist die Nähe zu Universitäten und Fachhochschulen von großer Bedeutung, da potentielle Arbeitskräfte in unmittelbarer Nähe der Unternehmen ausgebildet werden. Zudem bietet die Nähe zu Forschung und Ausbildung die Möglichkeit eines vereinfachten Zugriffs auf Studierende. Darüber hinaus sind durch die stark diversifizierte Wertschöpfung in NRW auch Unternehmen mit logistikbezogenen Produkten und Dienstleistungen in der Region vertreten, wie etwa in der Planung

und Produktion von Fördertechnik oder der Eisenbahntechnologie. Diese stellen eine Art Zulieferbetriebe der Logistik dar und nehmen teilweise Enablerfunktionen wahr. Diese räumliche Nähe vereinfacht die Partizipation von Logistikunternehmen an der Prägung der Gestalt von Digitalisierung und Industrie 4.0 in NRW.

3.1 Von Industrie 4.0 hin zu Logistik 4.0

„In der Industrie 4.0 verzahnt sich die Produktion mit modernster Informations- und Kommunikationstechnik. Treibende Kraft dieser Entwicklung ist die rasant zunehmende Digitalisierung von Wirtschaft und Gesellschaft. [...] Technische Grundlage hierfür sind intelligente, digital vernetzte Systeme, mit deren Hilfe eine weitestgehend selbstorganisierte Produktion möglich wird: Menschen, Maschinen, Anlagen, Logistik und Produkte kommunizieren und kooperieren in der Industrie 4.0 direkt miteinander“ (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2017b).

Dieser Entwicklung im Bereich der industriellen Wertschöpfung wird nachgesagt, eine disruptive Veränderung der Arbeitsweisen und Arbeitsumgebungen hervorzurufen. Die Folgen einer solchen Entwicklung werden dabei nicht auf die technische Ebene beschränkt bleiben, sondern umfangreiche betriebliche und soziale Folgen haben. Ein populäres Beispiel für Industrie 4.0 auf betrieblicher Ebene ist die Smart Factory, die intelligente Fabrik, bei der betriebliche Objekte digital miteinander vernetzt sind und in ihrem evolutionären Endstadium die Produktion autonom steuern und optimieren. Die Zukunftsvision Industrie 4.0 beschränkt sich jedoch nicht ausschließlich auf die Produktion: Durch zunehmende Prozessintegration entlang der Supply Chain unterliegen alle Branchen entlang der Wertschöpfungskette dem Einfluss des technologischen Wandels – und somit folglich auch insbesondere die Logistik. Daher wird in diesem Zusammenhang auch von Logistik 4.0 gesprochen (vgl. ten Hompel et al. 2017a, S. 12 ff.).

Technologische Grundlage der Logistik 4.0 bilden cyberphysische Systeme (CPS). Dies sind Maschinen, Anlagen und logistische Objekte, die mit Rechenleistung und Informationstechnik ausgestattet sind und über das Internet miteinander kommunizieren – auch mit dem Menschen. Eine weitere technologische bzw. organisatorische Charakteristik von CPS ist deren Autonomie. Dies bedeutet, dass CPS eigenständig agieren und somit Logistikprozesse steuern und optimieren. Dies soll durch dezentrale Systeme erreicht werden. Obwohl in der Logistikpraxis bereits vereinzelte Ansätze hierzu existieren, steckt der Reifegrad autonomer Logistiksysteme eher noch in den Kinderschuhen.

Im Gegensatz zu den industriellen Revolutionen der Geschichte kann man bei Industrie 4.0 (und Logistik 4.0) eher von einem schleichenden als von einem disruptiven Prozess sprechen. Ein vollständiger Austausch bestehender Fabriken, Prozesse oder Technologien ist in der betrieblichen Realität eher die Ausnahme; vielmehr werden bestehende Systeme nach und nach durch neue Technologien erweitert. Nichtsdestotrotz ist davon auszugehen, dass mit dieser Entwicklung signifikante Veränderungen auf technischer, betrieblicher und sozialer Ebene verbunden sind. Da auf bestehenden Einrichtungen aufgebaut wird, ist ein schrittweiser Einstieg in die Digitalisie-

rung möglich, was zudem die Investitionshürde senkt – insbesondere, da die Investitionsrechnung und die Amortisationsdauer für neuartige Industrie 4.0-Technologien oft noch einem Blick in die Glaskugel gleichen.

Ein wesentliches Merkmal der Digitalisierung ist die Dezentralisierung von Rechenkapazität und somit eine Dezentralisierung von Entscheidungsfähigkeiten. Dieses Konzept basiert maßgeblich auf der Philosophie des Internet of Things. Die Digitalisierung in Produktion und Logistik lässt sich in vier Technologiecluster gliedern (vgl. Bauer et al. 2015, S. 11):

- erhöhte Rechenleistung, Netzwerkfähigkeit und gesteigerte Datengenerierung
- Intelligenz in der Feldebene und Analysefähigkeit
- Mensch-Maschine-Interaktion
- Digital-to-physical-Technologien, intelligente Roboter etc.

Die Zielsetzung früherer Automatisierungsbemühungen wie dem Computer Integrated Manufacturing (CIM), die auf eine Produktion im Sinne produktionswirtschaftlicher Faktorkombination ohne direkte menschliche Akteur_innen abzielten, werden mittlerweile weder als realisierbar noch als erstrebenswert angesehen (vgl. Gabler 2017). Anstelle der Elimination des Menschen aus der Produktion ist ein humanorientierter Ansatz zur Gestaltung zukünftiger Arbeitssysteme getreten. Es gibt kaum eine Debatte über Industrie 4.0, bei der nicht vom ‚Faktor Mensch‘ oder der Idee ‚Der Mensch steht im Mittelpunkt‘ gesprochen wird. Auch wenn diese Parolen zum Teil schon fast inflationär verwendet werden, kann man doch konstatieren, dass die menschliche Arbeit eine gewisse Aufwertung genießt.

Jedoch bleibt zu beachten, dass sich durch Industrie 4.0 die Anforderungsprofile an die Arbeitskräfte grundlegend verändern. Der Einsatz digitaler Technologien bewirkt eine Veränderung genereller Arbeitsabläufe. Durch gesellschaftliche Trends, wie ‚Losgröße 1‘ oder ‚Same Day Delivery‘, erhöht sich die Bedeutung von Flexibilität und Reaktionsfähigkeit für globalisierte Wertschöpfungsketten, woraus sich der Bedarf nach der Reduktion von Zykluszeiten etc. ergibt. Durch zunehmende Autonomie (d. h. operative Entscheidungsfähigkeit) erhöht sich das Aufgabenspektrum von Maschinen. Der Mensch wird somit größtenteils in überwachender und kreativer Funktion benötigt. Bei diesem Szenario ändert sich die Rolle des Menschen von der ausführenden Arbeitskraft zum Innovator und Problemlöser. Als Ergebnis dieser Entwicklung entstehen neuartige und komplexere Arbeitssysteme, in denen menschliche Arbeit einen veränderten Stellenwert besitzt. Mit Sicherheit kann dabei gesagt werden, dass der menschlichen Arbeit eine höherwertige Stellung als bisher zugewiesen wird und damit auch veränderte Anforderungen und Belastungen für die Arbeitskräfte entstehen. Der Mensch steht also im Mittelpunkt des Arbeitssystems und leitet zunehmend autonome Maschinen an. Folglich wird der Dualismus von Mensch und Maschine mit der daraus resultierenden Trennung der beiden Akteure teilweise aufgelöst und zu einem neuartigen System umgewandelt. Anstatt trennscharf zwischen mensch-

licher und maschineller Arbeit zu unterscheiden, entsteht ein komplexes, soziotechnisches System, bei dem die Grenzen der Arbeit von Mensch und Maschine an Trennschärfe verlieren (vgl. Dombrowski et al. 2014, S. 137).

Allgemein ist mit fortschreitender Digitalisierung mit steigenden Kompetenzerfordernissen zu rechnen. Ausgehend von einem humanzentrierten Ansatz steht der Mensch in einer Schlüsselposition, sodass für den erfolgreichen Einsatz digitaler Technologien folglich entsprechend qualifizierte Mitarbeiter_innen benötigt werden. Die Kompetenzerfordernisse erhöhen sich dabei nicht nur in fachlicher Hinsicht, sondern über das gesamte Kompetenzspektrum hinweg. Im Zuge dessen ist von einer weiteren Reduktion rein körperlicher Belastungen auszugehen. In komplexen Arbeitssystemen, deren reibungsloser Betrieb in signifikantem Maße von vielseitigen Anforderungen wie dem Problemlösungs- und Innovationsvermögen des Menschen abhängt, sehen sich Arbeitskräfte mit einem vielfältigen Anforderungsprofil konfrontiert. Neben der offensichtlichen fachlichen Befähigung werden soziale und methodische Kompetenzen gefordert. Weiche Faktoren wie Persönlichkeitsmerkmale, Stressresistenz und Flexibilität gewinnen an Bedeutung (vgl. Dombrowski et al. 2014, S. 141 ff.). Folglich ist von einer Verschiebung der Belastungsszenarien auszugehen. Körperliche Anforderungen werden durch geistige Anforderungen verdrängt.

In diesem Zusammenhang stellt sich freilich die Frage, wie sich Arbeitsplätze in der Logistik zukünftig verschieben werden – insbesondere, da man bei vielen Tätigkeiten in der Logistik von Einfacharbeit sprechen kann (vgl. zur Logistik Hirsch-Kreinsen 2016 und zur Abgrenzung von industrieller Einfacharbeit Abel et al. 2014). Bei Mitarbeiter_innen in diesen Tätigkeitsbereichen ist zum einen fraglich, ob sie die Qualifikation mitbringen, um den Anforderungen der Digitalisierung gerecht zu werden. Zum anderen bleibt zu beobachten, ob die Digitalisierung in diesen Tätigkeitsbereichen durch ihre rationalisierende Wirkung Arbeitsplätze eliminiert (vgl. auch Kapitel 5.1).

3.2 Logistikforschung im Bereich der Digitalisierung

Im Folgenden werden exemplarisch einige Forschungsprojekte, Innovationen und Initiativen in der nordrhein-westfälischen Logistik vorgestellt, die allesamt einen starken thematischen Bezug zur Digitalisierung und Logistik 4.0 haben.

3.2.1 SmARPro

SmARPro steht für ‚Smart Assistance for Human in Production Systems‘ und setzt sich zum Ziel, Mitarbeiter_innen besser in die Prozesse eines hoch digitalisierten Industrie 4.0-Produktionssystems zu integrieren (vgl. Fraunhofer IML 2017; Jost et al. 2014, S. 153 ff.). Dies soll primär durch intelligente Informationsgewinnung und -aufbereitung erfolgen und dem Menschen genau dann zur Verfügung gestellt werden, wenn dieser sie benötigt. Augmented-Reality-Darstellungen sollen dabei helfen, Prozesse verständlich zu gestalten, Bedienungen zu vereinfachen und komplexe Technik beherrschbarer zu machen. Konkret wird ein Gesamtsystem entwickelt,

das die Auftragsebene mit der Device-Ebene verbindet und so die standardisierte Bearbeitung von aufkommenden Daten ermöglicht. Das Forschungsprojekt startete im September 2014 und ist für eine Laufzeit von 36 Monaten geplant. Neben dem Fraunhofer IML und IWU sind auch Unternehmen, z. B. die Robert Bosch GmbH und FORCAM GmbH, an dem Projekt beteiligt.

3.2.2 EffizienzCluster LogistikRuhr

Der EffizienzCluster LogistikRuhr ist eine Initiative, die vom EffizienzCluster Logistik e. V. und der Fraunhofer-Gesellschaft getragen wird. Ausgerufenes Ziel der Initiative ist die Unterstützung und Gestaltung des Ruhrgebiets durch Vernetzung von Kompetenzen in der Logistik. Im Verein schließen sich Unternehmen aus den Bereichen Logistik-IT, Logistikdienstleistung, Unternehmensberatung sowie Unternehmen der Zielmärkte mit Forschungseinrichtungen zu einem Netzwerk zusammen und erarbeiten gemeinsam Projekte, um die Wettbewerbsfähigkeit der Region und die allgemeine Innovationsstärke zu fördern (vgl. EffizienzCluster Logistik e. V. 2017).

Zur Unterstützung kleiner und mittelständischer Unternehmen betreibt die Initiative die ‚Mittelstand 4.0-Kompetenzzentren‘, die beratend dazu beitragen, die digitale Transformation zu vollziehen. Die konkrete Bedarfsermittlung und die damit verbundene Koordination und Verbreitung von bedarfsgerechten Angeboten zur digitalen Transformation von KMU stehen hierbei im Vordergrund. Das Hauptaugenmerk ist hierbei die Erreichung von Nachhaltigkeit in der Logistik, Digitalisierung sowie Effizienz durch Autonomisierung. Zur Unterstützung dieser Ziele sind die Akteur_innen dieser Initiative in zahlreichen Forschungsprojekten aktiv, unter anderem auch in einigen der im Folgenden aufgeführten.

3.2.3 ABEKO

ABEKO ist ein Verbundprojekt zum Thema ‚Assistenzsystem zum demographiesensiblen betriebsspezifischen Kompetenzmanagement für Produktions- und Logistiksysteme der Zukunft‘. Das Projekt läuft unter der Zielsetzung, ein Assistenzsystem für Produktions- und Logistiksysteme zu konzeptionieren und zu entwickeln. Dieses soll ein systematisches, betriebsspezifisches Kompetenzmanagement unter den Rahmenbedingungen demographischer Herausforderungen ermöglichen. Es sollen Kompetenzlücken aufgedeckt und dadurch passgenaue Qualifizierungs- und Lernkonzepte angeboten werden (vgl. Straub 2017).

3.2.4 SmartFactory OWL

Die SmartFactory OWL geht auf eine Initiative des Fraunhofer-IOSB-INA und der Hochschule OWL zurück. Sie ist eine Forschungs- und Demonstrationsfabrik, die als Plattform für Wissens- und Technologietransfer kleine und mittelständische Produktionsunternehmen beim Technologiewandel unterstützen kann, indem sie diesen Unternehmen als Testfeld neuer Technologien und Prozesse dient (vgl. SmartFactory OWL 2017). Die SmartFactory OWL ist ein wichtiger Bestandteil und Leuchtturmprojekt des Spitzenclusters ‚Intelligente technische Systeme OstwestfalenLippe it's OWL‘. Expert_innen vor Ort sensibilisieren auf einer Fabrikfläche von 2000 m² (lokale) KMU für die Potentiale von Industrie 4.0.

3.2.5 InventAIRy

Das Forschungsprojekt InventAIRy ist ein Beispiel für ein cyberphysisches System der Logistik 4.0. Es verfolgt das Ziel, die Inventur in Unternehmen durch den Einsatz autonomer und flugfähiger Roboter, ausgestattet mit applizierter Sensorik, zu vereinfachen (vgl. Fiedler 2017). Diese sollen die Inventur dank selbständiger Steuerung und kognitiver Fähigkeiten eigenständig durchführen können und eine ganzheitliche dynamische Umgebungserfassung möglich machen. Auch die Kommunikation mit anderen Objekten und Softwaresystemen soll diesem Zweck dienen.

Seit Januar 2014 engagieren sich das Fraunhofer IML mit der Universität Bonn, der Aibotix GmbH, der Panoma Logistik GmbH und der Spedition Wiedmann GmbH & Co. KG bei der Entwicklung des Flugroboters. Aus diesem Forschungsprojekt sind bereits einige Prototypen entstanden, die in Form von Flugdrohnen für weitere logistische Anwendungen herangezogen werden.

3.2.6 Social Manufacturing and Logistics

Das Forschungsprojekt Social Manufacturing and Logistics beleuchtet die Rolle des Menschen in der veränderten Arbeitswelt der Industrie 4.0. Das Ziel des interdisziplinären Forschungsprojekts zwischen Industriesoziolog_innen und Logistiker_innen der Technischen Universität Dortmund, das im Jahr 2015 startete, ist die Entwicklung eines Leitbildes für eine humanzentrierte Industriearbeit. Herausforderungen wie dem drohenden Fachkräftemangel oder der demographischen Entwicklung kann – so die These – entgegengewirkt werden, indem die Attraktivität von Industrie- und Logistikarbeit speziell in hochtechnologisierten Bereichen gesteigert wird. Hierzu wurden Verbandsvertreter_innen und Expert_innen der Industrie 4.0 befragt, um explizite Handlungsempfehlungen für die Industrie zu extrahieren (vgl. Projektgruppe Social Manufacturing and Logistics 2015, S. 11 ff.).

4 Digitale Technologien in der Logistik

Die Digitalisierung manifestiert sich in verschiedenen Schlüsseltechnologien. Da die Logistikbranche in NRW spezifische Eigenschaften aufweist, ergibt sich die Relevanz der einzelnen Technologien aus den Ausprägungen dieser Eigenschaften, wie der engen Verzahnung mit der produzierenden Industrie. Folglich besteht nicht bei sämtlichen Entwicklungen der Digitalisierung eine unmittelbare Relevanz für die Logistikbranche in NRW. Im Folgenden werden besonders relevante Schlüsseltechnologien und deren Auswirkungen auf die Logistikbranche in NRW betrachtet.

4.1 Big Data

Als Big Data werden die Entwicklung und das Wachstum des allgemeinen Datenaufkommens sowie der sich daraus ergebenden Herausforderungen für die Verarbeitung und Analyse der gesteigerten Datenmengen bezeichnet. Das rasante Wachstum der weltweit erzeugten Daten und der daraus resultierende Verarbeitungsaufwand lassen sich durch herkömmliche Datenbanksysteme nicht mehr bewerkstelligen. Die Veränderungen von Datenaufkommen und Datenverarbeitung und daraus resultierende Problemstellungen werden zusammengefasst als ‚3V‘ beschrieben (vgl. Gesellschaft für Informatik 2017):

- Volume: Das generierte Datenvolumen unterliegt einer massiven Steigerung.
- Velocity: Die Erzeugung der Daten erfolgt in gesteigerter Geschwindigkeit und bedingt somit Anforderungen an die Geschwindigkeit der Datenauswertung. Das Ziel ist dabei die Auswertung großer Datenmengen in Echtzeit.
- Variety: Die Vielzahl neuer Datenquellen (Smart Devices, Maschinen, Behälter etc.) bedingt eine Zunahme der Variantenvielfalt innerhalb der Datenmenge. Zudem ergeben sich dabei Probleme durch die Struktur der Daten, was den Aufwand der Datenaufbereitung erhöht.

Aus technologischer Sicht steht Big Data für Konzepte und Instrumente zur gezielten Nutzung der wachsenden Datenmengen im Rahmen der betrieblichen Planung und Steuerung von Geschäftsaktivitäten. Die Potentiale von Big Data liegen dabei unter anderem in neuartigen Planungs- und Optimierungsverfahren, die durch die algorithmische Verarbeitung großer Datenmengen (nahezu) in Echtzeit ermöglicht werden. Aus Logistikperspektive bietet Big Data die Möglichkeit neuartiger Planungs- und Optimierungsverfahren bspw. anhand von Prozess-, Verkehrs- oder Kundendaten. Bestehende Logistiksysteme erzeugen bereits große Mengen an Daten, deren gezielte Nutzung Potential besitzt. Für die Logistikbranche in NRW bietet beispielsweise die Nutzung von Verkehrsdaten große Optimierungspotentiale. Über eine gezielte Nutzung dieser Daten besteht die Möglichkeit, der Herausforderung überlasteter Straßen zu begegnen.

Bisher werden in Deutschland insgesamt nur in geringem Umfang Investitionen in Big-Data-Anwendungen getätigt, wenngleich Konsens über die umfangreichen Potentiale dieser Technologie für die Logistik herrscht (vgl. Tönnemann 2015; Jörgl 2013).

4.2 Transport

Im technologischen Diskurs darüber, wie wir zukünftig leben und arbeiten werden, hält das Thema Mobilität eine prominente Rolle inne. Dies ist teilweise auf die plakative Rolle der Mobilität zurückzuführen; der Einfluss der Digitalisierung auf die Gestaltung zukünftiger Mobilität ist allerdings unbestritten. Dennoch bewegt sich die gesamte Mobilitätsthematik in einem hochkomplexen technischen, sozialen und ökonomischen Spannungsfeld, das für Innovation insbesondere durch die umfangreichen politischen und juristischen Aspekte und die Gestaltungshoheit politischer Akteur_innen eine große Hürde darstellt.

4.2.1 Autonome Lastkraftwagen

Ein besonders prominentes Beispiel für den Einfluss der Digitalisierung auf Mobilität und Transport ist die Entwicklung selbstfahrender Lastkraftwagen. Diese Fahrzeuge sollen in der Lage sein, ohne den Einsatz menschlicher Kraftfahrer_innen dieselben Leistungen wie herkömmliche LKW zu erbringen. Dazu werden herkömmliche LKW mit entsprechender Sensorik und korrespondierender Steuerungstechnik ausgerüstet, um menschliche Fahrzeugführer_innen zu ersetzen. Konzeptionell baut dieser Ansatz auf dem von Bauer et al. beschriebenen Vorgehen der Aufrüstung bestehender Systeme zu digitalen Systemen auf (vgl. Bauer et al. 2015). Die Motivation hinter dieser Entwicklung besteht zu einem großen Anteil aus der Suche nach Möglichkeiten zur Kompensation des Mangels an qualifizierten Kraftfahrer_innen. Für die Transportbranche in NRW stellt dieser Mangel ernsthafte Probleme dar.

Bereits seit einigen Jahren werden in den USA umfassende Versuche zu autonomen Lastkraftwagen durchgeführt (vgl. Wilkens 2015). Dabei halten autonome Fahrzeuge einen gleichberechtigten Status auf öffentlichen Straßen inne. Allerdings sind die Hürden zur kommerziellen Einführung neuartiger Fahrzeuge auf öffentlichen Straßen in Deutschland sehr hoch, da diesbezüglich umfangreiche und komplexe Fragestellungen bisher nicht ausreichend geklärt sind. So besteht aktuell u. a. noch Klärungsbedarf hinsichtlich rechtlicher und versicherungstechnischer Verantwortlichkeiten für autonome Fahrzeuge im öffentlichen Straßenverkehr. Zudem existieren bisher ungelöste sensorische Probleme. Der autonome Betrieb ist nach wie vor sehr anfällig gegenüber Umwelteinflüssen wie beispielsweise schlechter Sicht oder nicht eindeutigen Verkehrssituationen. Der Testbetrieb in den USA findet aktuell vor allem in Nevada statt, also einem Staat mit geringer Verkehrsdichte und konstanten, für den Betrieb günstigen Umweltbedingungen. Die Situation in NRW hingegen gestaltet sich grundlegend anders, weshalb die Erkenntnisse aus den aktuellen Testfahrten einer kritischen Überprüfung unterzogen werden müssen. Die Prioritäten in der Entwicklung werden berechtigterweise stark auf einen sicheren Betrieb der Fahrzeuge gelegt, weshalb die Fahrzeuge in Konfliktsituationen zur Vermeidung von Risiken abwarten, die Weiterfahrt unterbrechen o. ä. Diese Probleme sind bisher ungelöst. Gerade die starke

Abhängigkeit von berechenbaren Umweltbedingungen spricht gegen einen vollautonomen Einsatz in Gegenden mit geringer Konstanz der Umweltbedingungen wie in NRW.

Alternativ könnte allerdings die Teilautonomie als Zwischenschritt bis zur Lösung der aktuell bestehenden Einsatzlimits eingeführt werden. Im teilautonomen Einsatz verbleibt ein menschlicher bzw. eine menschliche Fahrer_in in überwachender Funktion an Bord des LKW und kann Situationen, in denen autonome Systeme überlastet werden, durch gezieltes Eingreifen entschärfen. Die Notwendigkeit menschlicher Arbeitskräfte bleibt somit weiterhin bestehen. Ein solches System verursacht zudem eine Entschärfung des technologischen Wandels, indem auf die bisherigen Assistenzsysteme im Straßengüterverkehr aufgebaut werden kann. Eine Entwicklung in Richtung von Teilautonomie hält zudem Möglichkeiten zur Veränderung der Aufgaben des fahrenden Personals, über das Führen des Fahrzeugs hinaus, bereit. Potential zur Einführung der Technologie besteht auch in einer stark durch KMU geprägten Branche, indem durch den Rückgriff auf bereits bestehende Fahrzeuge Einführungskosten gesenkt werden. Diese Praxis lässt zudem Raum für die Möglichkeiten zum Upgrade bereits im Umlauf befindlicher Fahrzeuge.

4.2.2 Digitalisierung im Schienengüterverkehr

Durch die starke Verzahnung der Logistikbranche in NRW besitzt der Schienengüterverkehr nach wie vor eine hohe Relevanz. Durch die Überlastung des Verkehrsträgers Straße und der Forderung nach verbesserter Nachhaltigkeit des Verkehrs wird die Schiene voraussichtlich auch zukünftig eine große Rolle im Modal Split einnehmen.

Auch im Schienengüterverkehr wird die Digitalisierung vorangetrieben. Die Vorhaben zur Einführung digitaler Technologien besitzen dabei umfangreiche politische Unterstützung und werden in großem Umfang staatlich unterstützt. Dies ist unter anderem auf den starken staatlichen Einfluss im Schienengüterverkehr und die dominante Rolle der Deutschen Bahn als de facto Staatsunternehmen zurückzuführen (vgl. Heinrici 2016). Die Digitalisierung als Megatrend überschneidet sich dabei mit Versuchen zur Behebung des langjährigen Investitionsstaus im Infrastrukturbereich, sodass zukunftsweisende Investitionen zu einem günstigen Zeitpunkt getätigt werden. Die allgemeine Zielsetzung beinhaltet nicht nur die Einführung zukunftsfähiger Systeme, sondern auch die allgemeine Steigerung des Servicelevels im Eisenbahnwesen. Die Innovationszyklen im Eisenbahnverkehr sind strukturbedingt für gewöhnlich sehr lang, da infolgedessen häufig umfangreiche und kostenintensive Infrastrukturmaßnahmen ergriffen werden müssen. Die Technikmigration ist im Eisenbahnverkehr entsprechend komplex. Bei der Betrachtung der Maßnahmen ist diese Charakteristik des Bahnverkehrs zu beachten.

Die Digitalisierung des Bahnverkehrs soll dabei mehrere Problemfelder adressieren und somit Schwachstellen des Verkehrsträgers Schiene ausgleichen. Die Grundlage des Digitalisierungsvorhabens bilden Investitionen in die informationstechnische Aufrüstung der Infrastruktur und des rollenden Materials. Die geplanten Maßnahmen betreffen das gesamte Material der Bahn; eine Trennung von Personen- und Güterverkehr findet nicht statt.

Gemäß dem Prinzip der Digitalisierung soll die Sensorik- und IT-Ausstattung von Lokomotiven und Infrastruktur realisiert werden; aus den Maschinen und Anlagen werden somit cyberphysische Systeme. Durch das Konzept ‚Rolling Stock Intelligence‘ sollen Möglichkeiten zur proaktiven Handhabung von Störungen und Unzuverlässigkeitsfaktoren entstehen und somit eine höhere Verfügbarkeit von Lokomotiven und Infrastruktur sowie eine erhöhte Pünktlichkeit erreicht werden (vgl. Hill 2017). Da durch die Digitalisierung umfangreiche Daten erzeugt werden, bestehen zudem weitere Potentiale im Bereich Big Data.

Zudem umfasst das Konzept in der Mensch-Maschine-Interaktion die bessere und bedarfsgerechte Bereitstellung von Fahrzeugdaten o. ä. für das fahrende Personal. Erreicht werden soll dies durch verbesserte Sensorik. So können in etwa Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten vermehrt proaktiv durchgeführt werden, was Flexibilität im Betrieb schafft und die Verfügbarkeit der Schienenfahrzeuge steigert.

Es existieren darüber hinaus Konzepte zur Automatisierung der Zugzusammenstellung durch autonome Systeme zur Durchführung von Rangier- und Koppelvorgängen. Als langfristiges Konzept ist die Einführung des European Train Control Systems (ETCS) von großer Bedeutung (vgl. DB Netze 2014). Im Rahmen der stufenweisen Migration zu diesem europaweiten System wird langfristig die gesamte Signalausstattung des Eisenbahnnetzes modernisiert. Als wichtiger Teil des ETCS ist die Vernetzung der Züge untereinander zu nennen. Im Zuge dieser Modernisierung soll eine intelligente Steuerung der Streckenfreigabe als Ersatz der bisherigen Blocksteuerung realisiert werden, sodass die Abstände zwischen einzelnen Zügen reduziert werden und folglich eine effizientere Streckennutzung ermöglicht wird. Für die Logistikbranche in NRW ist dabei insbesondere die verbesserte Interoperabilität mit ausländischen Eisenbahnsystemen von Bedeutung.

Strukturell bedingt ist die Eisenbahn gegenüber dem Hauptkonkurrenten Straße hinsichtlich des Faktors Flexibilität benachteiligt. Deshalb wird eine Verbesserung der Integrationsfähigkeit mit Kund_innen angestrebt. Durch erhöhte Transparenz der Prozesse sollen diese strukturellen Nachteile ausgeglichen werden, um den Anforderungen eines modernen Supply Chain Managements zu begegnen. Dazu zählen in etwa Dienstleistungen wie Echtzeit-Ladungsverfolgung oder flexibilisierte Fahrzeug- und Waggondisposition. Die Steigerung des allgemeinen Servicelevels ist somit ein bedeutender Treiber der Digitalisierung im Schienengüterverkehr.

4.3 Umschlag

Der Umschlag von Gütern unterliegt ebenfalls einem technischen Wandel. Der Einfluss der Automatisierung ist im Güterumschlag bereits sehr hoch. Ausschlaggebend für den hohen Grad der Automatisierung von Umschlaganlagen sind u. a. die zu transportierenden Güter und die umzuschlagenden Mengen. Entscheidungen über Investitionen in automatisierte Systeme unterliegen ökonomischen Rahmenbedingungen, weshalb Investitionen entsprechend ökonomisch gerechtfertigt werden müssen. Rein technologisch motivierte Investitionen sind die Ausnahme. Die

Grundlagen für die Weiterentwicklung bestehender Systeme bilden die weitreichende und standardisierte Nutzung von ISO-Containern und die Weiterentwicklung der Identifizierungstechnik im Bereich der automatischen Identifizierung.

Grundsätzlich bestehen im Umschlagbetrieb bereits umfassende Möglichkeiten zur weitreichenden Automatisierung. In Containerterminals bestehen Einsatzmöglichkeiten für fahrerlose Fahrzeuge, die den internen Transport übernehmen und somit die menschliche Arbeitsleistung im Umschlagprozess größtenteils auf die Be- und Entladung per Kran und das Lashing der Container reduzieren. Es bestehen auch Konzepte für die Automatisierung der Kranarbeit. Zu einer Realisierung einer solch fortgeschrittenen Automatisierung sind allerdings entsprechende Umschlagmengen nötig, um die Höhe der notwendigen Investitionen zu rechtfertigen.

In NRW existiert eine Vielzahl multimodaler Umschlagterminals mit unterschiedlich stark ausgeprägter Prozessautomation. In multimodalen Umschlagterminals werden aktuell bereits viele Prozessschritte mit hohem Automationsanteil durchgeführt. Der Umschlag von Gütern erfordert insgesamt bezüglich der Beanspruchung und der Navigation robuste Systeme. Die Arbeitssicherheit ist ein kritischer Punkt im Güterumschlag und besitzt absolute Priorität. Containerterminals sind im Idealfall verkehrstechnisch abgeschlossene Systeme, d. h. es herrscht eine strikte Trennung der Verkehrsträger und der Verkehrsteilnehmer_innen sowie die Sperrung für nichtmotorisierte Verkehrsteilnehmer_innen. Dieser Zustand ermöglicht prinzipiell den Einsatz autonomer Anlagen und Fahrzeuge, da Kollisionen mit menschlichen Arbeitskräften durch deren Abwesenheit in den Gefahrenbereichen ausgeschlossen werden. Konflikte zwischen Verkehrsteilnehmer_innen wie im öffentlichen Verkehr existieren nicht oder in überschaubarer Form. Durch den bereits hohen Anteil an Automatisierung ist eine Aufrüstung bestehender Systeme (Straddle Carrier, Portalkräne etc.) denkbar. Ausschlaggebend dafür sind dabei vor allem ökonomische Gesichtspunkte. Mit fortschreitender Digitalisierung besteht die Möglichkeit, dass die Investitionskosten für autonome Umschlagsysteme langfristig sinken und auch geringer ausgelastete Terminals mit entsprechender Technik ausgestattet werden.

Besondere Relevanz besitzt die Digitalisierung der Informationssysteme im Güterumschlag. Der Umschlag ist ein in hohem Maße zeitkritischer Vorgang, sodass Abfertigungszeiten geringgehalten werden sollen. Der eigentliche Umschlag der Güter unterliegt jedoch prozesstechnischen Limitationen, sodass der Optimierung des Prozesses Grenzen gesetzt sind. Die Optimierung von Verkehrsflüssen in und um die Terminals herum bietet mehr Optimierungspotential. Als einer der wichtigsten Punkte zum trimodalen Umschlag in NRW besitzen die Duisburg-Ruhrorter Häfen eine gewisse Vorbildfunktion im Güterumschlag aller Art in der Logistikregion. Die Zulaufsteuerung des LKW-Verkehrs innerhalb der Häfen und in deren Umfeld stellt die Betreiber_innen vor große Herausforderungen, weshalb von den Betreiber_innen ein ambitioniertes Projekt zur Entwicklung und Implementierung eines neuartigen Verkehrsleitsystems gestartet wurde. Mittels digitaler Technik sollen die Verkehrsflüsse im Umfeld der Häfen frühzeitig und detailliert erfasst werden, um basierend auf den Informationen bezüglich Ladung, Destination usw. eine effiziente Steuerung insbesondere des LKW-Verkehrs durchzuführen (vgl. Landesregierung

Nordrhein-Westfalen 2016). Kern des Systems sollen die frühzeitige Erfassung der Daten bezüglich Termintreue sowie eine entsprechende Information der Fahrer_innen sein. Darauf aufbauend sollen anschließend Fahrplanweisungen an die Fahrer_innen weitergeleitet werden, um die Abfertigungsslots innerhalb der Terminals effizient zu koordinieren (vgl. Duisport AG 2017). Zum erfolgreichen Einsatz des Konzepts wird zudem ein benutzerfreundliches Kommunikationskonzept mit den Fahrer_innen notwendig, um ein kooperatives Verhältnis mit dem Systembetreiber zu ermöglichen. Zur Vermeidung von Überforderung ist deshalb die fahrerseitige Interaktion über eine Smartphoneapplikation geplant. Nach bisherigem Stand soll die Identifikation der Fahrzeuge kamerabasiert mittels Erfassung der Kennzeichen erfolgen. Die Entwicklung des Systems erfolgt in Zusammenarbeit mit Siemens Mobility. Zur Realisierung des ambitionierten Projekts besteht darüber hinaus eine Kooperation der Hafenbetreiber_innen mit dem Land NRW und der Stadt Duisburg, weshalb von einer öffentlichen Förderung des Vorhabens auszugehen ist. Langfristig bestehen Überlegungen, das System auf alle im Hafen bedienten Verkehrsträger auszuweiten.

4.4 Lager

Antiquierte Lager halten den Anforderungen einer digitalisierten Gesellschaft oft nicht mehr stand. Im Rahmen der Digitalisierung wandeln sich bestehende Geschäftsmodelle und die Rate durchgängig digitaler Lieferketten steigt. In Zeiten von E-Commerce und Same Day Delivery wird besonders in Ballungsgebieten die Bedeutung eines digitalisierten Lagers großen Einfluss auf den Unternehmenserfolg haben, unabhängig davon, ob im B2B- oder im B2C-Bereich (vgl. McKinsey & Company 2014). Wie auch andere Unternehmensprozesse beeinflussen verkürzte Produktlebenszyklen, eine steigende Variantenvielfalt und gleichzeitig immer kleinere Losgrößen die bestehenden Lagerprozesse (vgl. Freitag et al. 2015, S. 20). Intelligente Lager können wesentlich dazu beitragen, eine effiziente Logistik über die gesamte Supply Chain hinweg zu gewährleisten und die gesamte Produktivität des Unternehmens zu steigern, Fehler zu vermeiden und Wege zu verkürzen.

4.4.1 Assistenzsysteme

Im Zuge der Transformation zu einer Logistik 4.0 ist insbesondere im Bereich der Kommissionierung eine rasante technologische Entwicklung zu beobachten. Kommissioniertablets, Pick-by-Light- oder Pick-by-Voice-Systeme lösen immer mehr die klassische Kommissionierliste in Papierform ab. Augmented-Reality-Systemen, wie Pick-by-Vision, beispielsweise in Form von Datenbrillen, wird eine glorreiche Zukunft prognostiziert, da sie den Menschen mit zusätzlichen Informationen unterstützen sowie ineffiziente Suchvorgänge und Kommissionierfehler reduzieren (vgl. Jost et al. 2014, S. 153). Im nächsten Unterkapitel wird auf diese Technologie detaillierter eingegangen.

Neben oben genannten Assistenzsystemen des Shopfloors werden Assistenzsysteme verstärkt auf dispositiv-planerischer Ebene zur Entscheidungsunterstützung eingesetzt (vgl. Cirullies et al.

2015). Unter Verwendung von Methoden wie ereignisdiskreter Simulation werden Entscheidungen wie Touren- und Schichtplanung oder Zuordnungsprobleme und Lageroptimierungen zunehmend softwaregestützt vorbereitet oder bereits selbstständig getroffen.

Weiterhin ist ein vermehrter Einsatz von Kommissionierrobotern zu beobachten. So setzt beispielsweise das Grevenener Logistikunternehmen Fiege für die Kommissionierung am Standort Ibbenbüren Kommissionierroboter ein, die zwischen ihren menschlichen Arbeitskolleg_innen autonom Pickaufträge bearbeiten. Darüber hinaus sind die Roboter lernfähig, erstellen sich eigene Umgebungskarten und können diese, wie auch weitere Informationen, mit anderen Robotern teilen (vgl. Fiege Gruppe 2016).

4.4.2 Augmented Reality

Eine computergestützte Erweiterung der menschlichen Realitätswahrnehmung, für die der Begriff Augmented Reality steht, wird durch die Bereitstellung der semantisch aufbereiteten Informationen am richtigen Ort, bei dem bzw. der richtigen Mitarbeiter_in und zur richtigen Zeit als eine Lösung des Problems angesehen. Im Bereich der Lager- und Kommissionierprozesse findet sich die Notwendigkeit hierfür in der großen Datenflut, die aufgrund moderner Informationstechnologie entsteht und dadurch einen Großteil produktiver Arbeitszeit auf Informationssuche beschränkt (vgl. Jockel/Müller 2014, S. 89 ff.).

Im künftigen Einsatz von Augmented Reality in verschiedenen Bereichen der Logistik wird ein enormes Kostensenkungspotential erkannt (vgl. De Koster et al. 2007). Durch den Einsatz von Pick-by-Vision-Technik, beispielsweise durch die Nutzung von Head-Mounted Displays, im Lager kann das Fehlerpotential beim manuellen Pickprozess durch die Anzeige des richtigen Packstücks erheblich gesenkt werden. Auch das Lesen von Barcodes kann als Funktion implementiert werden und automatisch erfolgen. Hierdurch kann neben der erhöhten Kommissionierqualität auch die Kommissioniergeschwindigkeit gesteigert werden und der Mensch hat beide Hände zur Verfügung, wodurch ein Arbeitsprozess ergonomischer gestaltet werden kann. Komplizierte Pickprozesse können darüber hinaus so weit vereinfacht werden, dass das Anlernen neuen Personals vereinfacht wird. Mögliche Sprachbarrieren können ebenfalls abgemildert werden. Darüber hinaus kann der Bestand online durch Informationsübertragung in Echtzeit jederzeit korrekt abgerufen werden. Des Weiteren ist eine Indoornavigation durch Lager denkbar, sodass der effizienteste Weg auf Anhieb erkennbar wird.

Die Dortmunder Prisma GmbH bietet in Kooperation mit SAP und Ubimax für Unternehmen die Implementierung des Einsatzes von Datenbrillen (Smart Glasses) mitunter im Kommissionierprozess an (vgl. Prisma 2017). Das größte deutsche Logistikunternehmen DHL hat bereits einige Testversuche mit Datenbrillen in Distributionscentern durchgeführt. Bis zum flächendeckenden Einsatz von Smart Glasses im Tagesgeschäft ist jedoch noch die Durchführung weiterer Machbarkeitsstudien mit anderen Partnern geplant, so die Konzernzentrale in Bonn (vgl. DHL 2015).

Weitere Einsatzmöglichkeiten von Augmented Reality Devices bieten sich neben der Kommissionierung auch beim Transport, in der Instandhaltung, bei der Auslieferung und zur Ausweitung von Value Added Services an (vgl. Abbildung 5).

Abbildung 5: Anwendungsbeispiel für Augmented Reality



Quelle: Fraunhofer IML (bislang unveröffentlicht); Copyright Fraunhofer IML

4.4.3 Transportroboter

Ein weiterer wichtiger Forschungsschwerpunkt im Bereich der Intralogistik sind autonome Transportroboter. Sie werden im Bereich der Kommissionierung eingesetzt, indem sie Behälter oder ganze Regale transportieren. In Dortmund existiert am Fraunhofer IML eine eigens für einen solchen Großversuch mit einer Vielzahl von Transportrobotern konzipierte Versuchshalle. Doch auch außerhalb der Wände von Lagern und Produktionsstätten sind autonome Transportroboter vorzufinden. Der derzeitige Pilotversuch der Firma Hermes in Düsseldorf testet die Auslieferung von Paketen im urbanen Raum mittels kleiner Transportroboter (vgl. Handelsblatt 2017). Auch wenn hierbei noch viele technologische sowie rechtliche Hindernisse bestehen, zeigt dieser Pilotversuch eine Richtung zukünftiger Entwicklungen auf.

5 Auswirkungen der Digitalisierung auf Logistikarbeit

Die Auswirkungen der Digitalisierung auf das Arbeitsumfeld der Beschäftigten der Logistikindustrie in NRW sind abhängig von der Art der ausgeübten Tätigkeit und dem Qualifikationsniveau. Zur genaueren Betrachtung ist eine Einteilung anhand dieser Kriterien daher sinnvoll. Probleme ergeben sich allerdings durch die Vielfalt an logistisch relevanten Tätigkeiten. Die eindeutigen Berufe sind teilweise schwer zu benennen, weshalb nachfolgend der Begriff der Tätigkeit genutzt werden soll.

In Teilen stehen die Begriffe Beruf, Job und Tätigkeit synonym. Zur differenzierten Darstellung der Auswirkungen ist es nötig, eine Abgrenzung der zu betrachtenden, relevanten Tätigkeiten gegenüber anderen einzuhalten. Durch die starke Verzahnung der Logistikbranche mit dem produzierenden Gewerbe bestehen allerdings nicht unerhebliche Schwierigkeiten bei der Abgrenzung (vgl. Kübler et al. 2015). Ein Großteil der Tätigkeiten lässt sich jedoch als logistikbezogen identifizieren. Im Folgenden sollen alle Tätigkeiten, die in Logistikunternehmen durchgeführt werden, als relevant erachtet werden. Darüber hinaus soll die Zuweisung zur Logistikbranche mittels eindeutig logistischer Arbeitsinhalte erfolgen. Die Digitalisierung bewirkt schließlich Veränderungen des Arbeitsumfeldes, was sich sowohl auf der individuellen Ebene der Arbeitsanforderungen als auch auf der Branchenebene niederschlägt.

Die Gestalt der nordrhein-westfälischen Logistikbranche wird stark von KMU geprägt, die zudem häufig ein geringes Geschäftsportfolio aufweisen (vgl. Peter/Hertleif 2016). Insbesondere bei den zahlreichen KMU stellen Transport-, Umschlag- und Lagerungsdienstleistungen einen bedeutenden Teil des Leistungsspektrums dar.

In der Betrachtung der Auswirkungen der Digitalisierung ist eine Differenzierung basierend auf konkreten Arbeitsinhalten sinnvoll. Gemäß einem humanzentrierten Konzept zur Digitalisierung von Arbeit sollen ergonomisch ungünstige Arbeiten zunehmend durch die Autonomisierung der benötigten Maschinen erledigt werden. Die Aufgabe des Menschen in diesen Arbeitssystemen wird diesem Konzept gemäß die Rolle des Innovators und kreativen Problemlösers einnehmen. Die daraus entstehenden Konsequenzen unterscheiden sich dabei abhängig von der Art der Tätigkeiten und dem Qualifikationsniveau der Arbeitskräfte (vgl. Dombrowski et al. 2014; Hirsch-Kreinsen 2014).

Die Auswirkungen der Digitalisierung sind im Allgemeinen abhängig vom konkreten Tätigkeitsfeld. Je nach Komplexität der Tätigkeit ergeben sich unterschiedliche Ansätze der Digitalisierung des Tätigkeitsumfelds. Die technologische Autonomie von CPS wirkt sich am stärksten auf die untere, d. h. operative Ebene der klassischen Prozesshierarchie aus (Bsp.: autonome Transportroboter). Die davon betroffenen ‚klassischen‘ Prozesse (bspw. innerbetrieblicher Transport) gehören primär zu den einfachen Tätigkeiten. Limitationen erfährt die Digitalisierung auf betrieblicher Ebene durch ökonomische und technologische Beschränkungen. Diese Limitationen können als Indikatoren für die Art des Einflusses auf die Tätigkeiten angesehen werden. Die konkre-

ten Auswirkungen werden deshalb bestimmt durch den Grad, in dem mittels digitaler Technologien eine Substitution der menschlichen Arbeit vorgenommen werden kann. Bei hoher Substitutionsfähigkeit der Tätigkeiten ist eine Verdrängung des Menschen aus dem konkreten Arbeitsprozess heraus realistisch (vgl. dazu auch Frey et al. 2013 und Bonin et al. 2015). In diesem Entwicklungsszenario wird menschliche Arbeit vor allem in überwachender Funktion benötigt (vgl. dazu auch Ittermann et al. 2016). Im Falle von Prozessen, die nur eine geringe Substitutionsfähigkeit aufweisen, ist von einer komplementären Digitalisierung auszugehen. So wird die eigentliche Arbeit weiterhin von menschlichen Arbeitskräften durchgeführt. Zur ergonomischen Unterstützung der Arbeit werden dann digitale Arbeitsmittel eingesetzt. Notwendigerweise bestehen auch Tätigkeiten, die keinerlei oder nur in geringem Maße Ansätze für Digitalisierung bieten und dementsprechend wenig Veränderungen erfahren werden.

Diese theoretischen Überlegungen müssen zudem zwingend unter Berücksichtigung der ökonomischen Verhältnismäßigkeit und der konkreten Realisierbarkeit stattfinden. Gerade in einer Branche, die sehr stark von KMU geprägt ist, sind ökonomische Gesichtspunkte besonders relevant. Jegliche Maßnahmen bewegen sich in einem Spannungsfeld aus technischen, ökonomischen und arbeitswissenschaftlichen Faktoren. Die intrinsische Innovationsfähigkeit der KMU sollte insgesamt nicht überbewertet werden. Eine Digitalisierung ‚zum Selbstzweck‘ ist von KMU in NRW nicht zu erwarten.

5.1 Einfache Tätigkeiten

Einfache Tätigkeiten, die keine speziellen formalisierten Qualifikationen voraussetzen und den Erwerb notwendiger Befähigungen durch kurze, meist innerbetriebliche Anlernmaßnahmen ermöglichen, nehmen einen festen Platz in den Arbeitsabläufen der Logistik ein (vgl. Hirsch-Kreinsen 2016). Insgesamt besteht in der Logistikbranche ein verhältnismäßig hoher Bedarf an personalintensiven Tätigkeiten, die auch von geringqualifizierten Arbeitskräften ausgeführt werden können (vgl. Peter/Hertleif 2016). Generell stellt Logistik eine Wachstumsbranche dar. In NRW ist die Logistikbranche ein wichtiger Bestandteil der Kompensation des industriellen Strukturwandels. So bestehen Beschäftigungsmöglichkeiten für geringqualifizierte Arbeitskräfte, aber auch Arbeitsplätze für Arbeitnehmer_innen mit anderweitigen Qualifikationen, die beispielsweise einen Branchenwechsel anstreben. Die Tatsache, dass die Logistikbranche verhältnismäßig geringe Einstiegshürden für Arbeitskräfte aufweist, macht sie in der Gegenwart des industriell-technologischen Wandels bedeutsam.

Einfache Tätigkeiten finden in vielen Bereichen der Logistik Anwendung. In den meisten logistischen Geschäftsfeldern bestehen umfangreiche Einsatzmöglichkeiten für geringqualifizierte Arbeitskräfte, wobei die Arbeitsumfelder verschiedene Ansatzpunkte zum Einsatz digitaler Technologien bieten. Die Arbeitsinhalte bestehen in der Ausführung einfacher Arbeitsschritte und dem Bedienen von technischen Anlagen. Als Beispiele relevanter Tätigkeiten sind unter anderem zu nennen:

- Lieferantentätigkeiten, insbesondere in der KEP-Branche

- innerbetrieblicher Transport
- Kommissionierung
- Verpackungsarbeiten
- Entsorgungsdienste

Durch die Formalisierung der Logistik und ihre Etablierung als eigenständiger Industriezweig wurden bestehende Tätigkeiten teilweise in formalisierte Ausbildungsberufe umgewandelt und zusätzliche Berufsbilder neu geschaffen. Traditionelle Berufsbilder, wie Hafenarbeiter_in oder Kraftfahrer_in, stellen heutzutage Ausbildungsberufe mit weitreichenden Ausbildungsinhalten dar, weshalb sie nicht mehr notwendigerweise als einfache Tätigkeiten klassifiziert werden können.

Zur Darstellung der zu erwartenden Veränderungen werden im Folgenden repräsentative Tätigkeiten detaillierter untersucht, die der operativen Logistik zuzuordnen sind.

5.1.1 Lieferdienstleistungen

Lieferantentätigkeiten gehören zu den offensichtlichsten Dienstleistungsberufen der Logistik. Durch das stetige Wachstum im E-Commerce hat die Versandbranche bzw. die Anzahl der von ihr zugestellten Sendungen einen starken Anstieg erfahren. Im Zuge dessen entstanden zahlreiche Stellen für Lieferfahrer_innen, die als Einstellungsvoraussetzung meist lediglich eine PKW-Fahrerlaubnis verlangen. Folglich zeichnet sich dieses Geschäftsfeld durch einen entsprechenden Personalbedarf aus (vgl. dazu auch Bundesverband Paket und Expresslogistik 2016). Als Arbeitsgeräte dienen in der Regel Lieferwagen und mobile Endgeräte zur Informationsverarbeitung.

Die Entwicklungen im Bereich der IT führen in diesem Tätigkeitsbereich zur Verbesserung der Prozessqualität. So können mittels RFID-Einsatz beispielsweise Beladungsvorgänge optimiert und Fehler reduziert werden. Durch verbesserte Informationstechnik in den Fahrzeugen und auf mobilen Endgeräten können darüber hinaus die Auslieferungsvorgänge unterstützt werden. Das Aufgabenspektrum des Menschen wird in diesem Falle um die Komponente der Prozessoptimierung weitestgehend entledigt, indem bspw. der Algorithmus die optimale Tour anhand aktueller Verkehrsdaten vorgibt. Die Folge daraus ist, dass sich die Tätigkeiten hinsichtlich der wertschöpfenden Tätigkeiten, also der Auslieferung der Ware selber, verdichten. Dies kann unter Umständen zu einer erhöhten Arbeitsbelastung führen.

Im Allgemeinen ist jedoch davon auszugehen, dass der Logistikarbeit in diesem Bereich zukünftig eher noch ein höherer Stellenwert bekommt – aufgrund des steigenden E-Commerce in vielen Bereichen des täglichen Lebens. Ausliefern und Fahren erfordern ein hohes Maß an Flexibilität und sind (derzeit) nicht sinnvoll automatisierbar. Alternative Zustellkonzepte wie das Abladen von Sendungen in Packstationen, Kiosks etc. sind zwar auch eine Entwicklung, die Logistikarbeit in diesem Bereich unter dem Strich reduziert. Jedoch gibt es auch gegenteilige Entwicklungen, wie bspw. die Lieferung von Lebensmitteln oder sonstigen Waren innerhalb kürzester Zeit, z. B.

innerhalb einer Stunde (vgl. Amazon 2017), deren Bedeutung zukünftig voraussichtlich noch weiter steigen wird, da das dicht besiedelte NRW ein hohes wirtschaftliches Potential für derartige logistische Konzepte zu bieten verspricht.

Unter diesen Umständen sind Reduktionen der körperlichen Anstrengungen und des Termindrucks nicht zu erwarten. Die Tatsache, dass prekäre Arbeitsbedingungen in diesem Branchenzweig weit verbreitet sind, verschärft die Situation für Lieferdienstleistende zusätzlich (vgl. dazu auch Holst/Singe 2013). Bedingt durch den Preisdruck und die hohe Austauschbarkeit der Mitarbeiter_innen ist der Anreiz für Unternehmen, gute und nachhaltige Arbeitsbedingungen zu schaffen, gering. Auch zukünftig werden zahlreiche Beschäftigungsmöglichkeiten in diesem Bereich bestehen, jedoch bleibt eine positive Entwicklung für Arbeitnehmer_innen dabei fraglich.

5.1.2 Innerbetrieblicher Transport

Der innerbetriebliche Verkehr mittels Flurförderzeugen ist eine weit verbreitete Einsatzmöglichkeit für angelernte Arbeitskräfte. Der Erwerb benötigter Befähigungen zur Bedienung von Gabelstaplern, Elektrowagen o. ä. kann innerhalb kurzer Zeit und häufig betriebsintern unternommen werden, sodass auch hier die Einstiegshürden in die Beschäftigung niedrig liegen.

Der Einsatz von Gabelstaplern etc. erfolgt aufgrund eines spezifischen Anforderungsprofils. Vorteile hinsichtlich der Flexibilität stehen bei menschengeführten Flurförderzeugen Nachteilen hinsichtlich der Effizienz (niedrige Nutzlast, hohes Eigengewicht) gegenüber. Konkurrenz entsteht menschlichen Arbeitskräften in zunehmendem Maße durch fahrerlose Transportfahrzeuge (AGV – Automated Guided Vehicle) oder Transportroboter, die ein höheres Nutzlastverhältnis aufweisen. Die Fähigkeiten der AGVs sind in den letzten Jahren stark gewachsen, sodass sich Einsatzeinschränkungen verringert haben. Durch die Weiterentwicklung autonomer Transportfahrzeuge besteht also ein wachsendes Substitutionspotential in diesem Tätigkeitsbereich.

Aktuell ist der Investitionsumfang für den Einsatz von AGVs noch relativ hoch, auch wenn in zunehmendem Maße standardisierte Lösungen erhältlich sind. Als große Hürden bei der Einführung solcher Fahrzeuge sind die benötigten Fähigkeiten zur Implementierung zu beachten, was insbesondere kleinere Unternehmen an einer Investition hindern könnte. Es bleibt deshalb fraglich, ob KMU in diesem Bereich überhaupt Veränderungen in größerem Umfang anstreben werden. Als kostengünstige Basistechnologie mit hoher Flexibilität wird der Einsatz menschengeführter Flurförderzeuge auch zukünftig eine große Rolle spielen. Demnach ist auch in Zukunft mit Beschäftigungsmöglichkeiten im innerbetrieblichen Transport zu rechnen.

Dennoch werden sich auch diese Prozesse nicht dem Einfluss der Digitalisierung entziehen können. Digitale Tools wie Datenfunkterminals und Ortungstechnologien o. ä. werden in zunehmendem Maße Einzug halten, wodurch sich das Arbeitsumfeld verändert. Da eine vollständige, flächendeckende Substitution menschlicher Fahrzeugführer_innen als nicht realistisch einzuschätzen ist, wird sich die Digitalisierung verstärkt auf die Arbeitsumgebung auswirken, und zwar in Form von Informations- und Kommunikationssystemen. Eine beispielhafte Technologie, die

diese Entwicklung unterstreicht, sind Gabelstapler, die ihrem bzw. ihrer Bediener_in im Arbeitsprozess autonom folgen (wie bspw. STILL iGo neo, vgl. auch ten Hompel et al. 2017b, o. S.). Vonseiten der Arbeitskräfte wird somit eine gewisse Anpassung erforderlich. Auch wenn die formellen Einstiegshürden in die Beschäftigung niedrig bleiben, könnte die Bedeutung von IT-Kompetenz bzw. -Akzeptanz wachsen.

5.1.3 Kommissioniertätigkeiten

Die Kommissionierung ist ein arbeitsintensiver Bereich der Logistik, in dem viele Tätigkeiten noch direkt von Arbeitskräften ausgeführt werden. In Distributionszentren ist die Automatisierung von Prozessen teilweise bereits weit fortgeschritten, auch wenn zu beachten bleibt, dass dies sehr branchenabhängig ist. Im Großhandel finden sich vermehrt hoch automatisierte Systeme, während bspw. Branchenprimus Amazon hauptsächlich manuell kommissioniert.

Die Kommissionierung ist der personalintensivste Bereich der Logistik. Es verwundert also nicht, dass insbesondere hier vielen Ansätzen zur Substitution menschlicher Arbeit nachgegangen wird, wie etwa dem Konzept der Kommissionierroboter (nähere Infos zur Verbreitung von Robotern in der Logistik vgl. auch BIBA 2014). Die Komplexität bestimmter Arbeitsschritte, wie etwa der gezielte Griff in eine Kiste, ist für automatisierte Lösungen aber eine große Herausforderung – insbesondere bei einem großen, variantenreichen Artikelspektrum. Die technologische Entwicklung in diesem Bereich ist allerdings rasant. Dem stehen jedoch oft noch betriebswirtschaftliche Hürden gegenüber.

Der Kommissionierprozess als solcher ist bereits sehr stark Gegenstand von Optimierungsmaßnahmen wie der ergonomischen Optimierung von Kommissionierarbeitsplätzen. Die neuen Technologien können hier eingesetzt werden, um eine weitergehende Optimierung des Arbeitsprozesses, bspw. durch benutzerspezifische Anpassung, zu erreichen. Im Kommissionierprozess zu beobachten ist zudem der komplementäre Einsatz digitaler Technologien, etwa im Rahmen von Assistenzsystemen. Über den Einsatz von Wearables o. ä. besteht die Möglichkeit, benötigte Informationen, etwa zu Picklisten o. ä., gezielter und für die individuelle Arbeitskraft besser aufbereitet zu übermitteln.

Größter Vorteil des Menschen in der Kommissionierung ist seine Flexibilität, bspw. wenn es um das Greifen nicht standardisierter Artikel geht. Auch in diesem Bereich gestalten sich die technologischen Entwicklungen jedoch rasant. Assistenzsysteme erhöhen die Produktivität der menschlichen Arbeit. Es bleibt abzuwarten, wie sich diese Entwicklung auf Arbeitsplätze in der Kommissionierung auswirkt.

5.2 Fachkräfte mit Ausbildungsberufen

Die Aufgabenfelder von Fachkräften mit Berufsausbildung unterliegen ebenfalls dem Einfluss der Digitalisierung. Generell erfahren formal qualifizierte Arbeitskräfte eine höhere Beschäftigungssicherheit, da die Qualifikation als Einstiegshürde eine gewisse Jobsicherheit bedeutet. Zur

weiteren Betrachtung soll nachfolgend die Unterscheidung zwischen technischen und kaufmännischen Qualifikationen unternommen werden.

Kaufmännische Tätigkeiten unterliegen aufgrund ihrer Ausübung in der Büroarbeit einer geringeren Verbindung zur maschinellen Hardware. Die Auswirkungen auf kaufmännische Mitarbeiter_innen wirken deshalb primär in Form der Veränderungen von Geschäftsprozessen und Unternehmensstrukturen. Aktuell entwickelt sich die Beschäftigungsstruktur der Logistikbranche in NRW in Richtung einer höheren Bedeutung kaufmännischer Berufe gegenüber technisch Beschäftigten (vgl. Peter/Hertleif 2016, S. 19 ff.).

Die stabilere Situation für kaufmännische Tätigkeiten angesichts des technologischen Wandels kann zum Teil durch die Entfernung zur logistischen Hardware (wie bspw. Assistenzsystemen) erklärt werden. Das Konzept der Digitalisierung von Prozessen basiert zum Großteil auf der Veränderung der logistischen Hardware durch die informationstechnische Aufrüstung. Das Arbeitsumfeld kaufmännischer Berufe ist davon im Allgemeinen weniger betroffen, da eine gewisse Distanz zur logistischen Hardware besteht. Die Arbeitsgeräte verändern sich in geringerem Maße, ebenso wie die kaufmännischen Prozesse, z. B. Rechnungswesen.

Technische Ausbildungsberufe unterliegen aufgrund der Veränderungen der Maschinen und Anlagen einer sehr viel größeren Anpassung. Die Entwicklung hin zu CPS und mit Rechenleistung versehenen Logistiksystemen bedeutet für technische Ausbildungsberufe eine Erweiterung des Aufgabenspektrums. Die verstärkte Autonomie der logistischen Hardware entlastet zwar die Arbeitskräfte auf Prozessebene, gleichzeitig sind jedoch menschliche Arbeitskräfte als Problemlöser_innen und Innovator_innen gefordert (vgl. Hirsch-Kreinsen 2014, S. 20). Dazu ist eine systemische Übersicht notwendig, sodass die Anforderung an die Arbeitskräfte in verantwortlichen Positionen steigt. Die Arbeit als solche erhält demnach vermehrt Managementkomponenten. Gleichzeitig sind Kenntnisse und Fähigkeiten zur Adressierung von Problemen auf grundlegender Ebene notwendig. Auch zukünftige Logistiksysteme werden nicht ohne eine Vielzahl an qualifizierten Arbeitskräften mit technischen Ausbildungsberufen auskommen. Berufsbilder, die früher in den Bereich einfacher Tätigkeiten fielen, sind mittlerweile reguläre Ausbildungsberufe, wie etwa Berufskraftfahrer_in oder Fachkraft für Hafenlogistik, in denen neben den ursprünglichen Tätigkeiten auch technische Zusammenhänge, IT-Kenntnisse und kaufmännische Grundlagen benötigt werden. Durch die Digitalisierung werden die Anforderungen weiter steigen. Der sichere Umgang mit Informationstechnologie ist bereits heute ein wichtiger Bestandteil des Arbeitsalltags technischer Berufe. Insbesondere betriebliche Zusammenhänge und analytische Fähigkeiten gewinnen an Bedeutung. Die Ursachen dafür liegen nicht alleine in der Digitalisierung; dennoch spielen diese Kompetenzen eine zunehmende Rolle. Allerdings ist fraglich, inwieweit diese hierfür benötigten Fähigkeiten in Rahmen herkömmlicher Berufsausbildungen vermittelt werden können.

Die Tendenz, auch auf Ebenen unterhalb der Unternehmensführung durch Implementierung einer managementorientierten Unternehmenskultur Verantwortung für gesamtbetriebliche Zusammenhänge zu verankern, überschneidet sich in ihren Auswirkungen mit denen der Entwicklungen im Rahmen der Digitalisierung. Arbeitskräfte mittlerer Verantwortlichkeitsbereiche übernehmen zunehmend mehr Verantwortung im Gesamtkontext der Unternehmen. Die bisherigen Aufgabenbereiche werden durch Anforderungen erweitert, ohne jedoch bisherige Tätigkeitsfelder aufzugeben. Folglich ist zukünftig auch weiterhin von einem Bedarf an technischen und kaufmännischen Berufen auszugehen, solange autonome, sich selbst steuernde Logistiksysteme noch eine Zukunftsvision sind.

5.3 Akademische Fachkräfte

Akademische Fachkräfte sind aufgrund ihrer Ausbildung in der Regel am weitesten von der operativen bzw. der Maschinenebene entfernt. Das direkte Arbeitsumfeld von Akademiker_innen ist deshalb von den Auswirkungen der Digitalisierung weniger betroffen als das anderer Beschäftigter. Die Arbeitsaufgaben verändern sich dergestalt, dass der technologische Wandel in belastbare Konzepte für die Unternehmen der Logistikbranche übertragen werden muss. Die Transformation der Unternehmensstrukturen und Prozesse in zukunftsfähige Formen obliegt den Führungskräften, deren Entscheidungen die Konsequenzen für andere Berufsgruppen begründen. Akademisch ausgebildeten Arbeitskräften obliegt die Aufgabe, die Potentiale der Digitalisierung zu erkennen und in betrieblich anwendbare und tragfähige Lösungen zu übersetzen. Insbesondere für die stark von KMU geprägte Logistikbranche in NRW besteht die Herausforderung, auch zukünftig konkurrenzfähig zu bleiben.

Hinsichtlich der Anforderungsprofile für akademisch ausgebildete Fachkräfte in der Logistik erfordert die Digitalisierung in hohem Maße analytisches Vermögen und Innovationsbereitschaft (vgl. dazu auch Acatech 2016b). Da Akademiker_innen aufgrund ihrer breiten Ausbildung recht flexibel einsetzbar sind, besteht für sie eine geringere Gefahr der Substitution ihrer Tätigkeiten. Jedoch sehen sie sich in ihrem Arbeitsumfeld vermehrt mit technologischen Entwicklungen konfrontiert und sind in ihren Entscheidungen für andere Beschäftigungsgruppen richtungsweisend. Dazu verändern sich die geforderten Fähigkeiten. Zur Realisierung zeitgemäßer Planungsverfahren werden beispielsweise verstärkt Kenntnisse im Bereich der IT erforderlich. Herausforderungen für Akademiker_innen liegen deshalb verstärkt im Bereich Soft Skills und notwendiger Zusatzqualifikationen, da diese durch universitäre Ausbildung nicht notwendigerweise gewährleistet werden.

5.4 Strukturelle Herausforderungen

Die Digitalisierung erfordert auf verschiedenen Ebenen Anpassungen und Neuorientierungen. Bisher sind in der Branche kleine und mittelständische Unternehmen dominierend. Die Geschäftsportfolios der KMU sowie deren Kundenbasis sind relativ klein. Aufgrund der geringen

Geschäftsgrößen und der damit verbundenen eingeschränkten Mittel ist von KMU keine starke, intrinsische Motivation zur Prägung einer zukünftigen, digitalen Branche zu erwarten.

Ein weiterer Faktor ist die demographische Zusammensetzung der Beschäftigten. So besteht deutschlandweit und branchenübergreifend eine Tendenz zur Überalterung der Belegschaften, die in der Logistik jedoch überdurchschnittlich sichtbar ist (vgl. Kübler et al. 2015, S. 7). Insbesondere im Bereich der einfachen Tätigkeiten dominieren ältere Arbeitnehmer_innen. Die Qualifikation der Mitarbeiter_innen und deren Wertschätzung als Erfolgsfaktoren werden branchenintern als Priorität angesehen (vgl. Peter/Hertleif 2016, S. 19). Die digitale Transformation hat das Potential, eine solch tiefgreifende Veränderung der Branche zu bewirken, dass fraglich ist, ob die aktuell dort beschäftigten Arbeitskräfte den Herausforderungen einer digitalen Branche gewachsen sind. Mittel- und langfristig werden zur Bewältigung der Herausforderungen weitreichende Qualifizierungsmaßnahmen notwendig sein. Ob es den Beschäftigten mit Hilfe der geplanten Qualifikationsbemühungen gelingt, die neuen Anforderungen bspw. im Bereich der analytischen Fähigkeiten und der Innovationsbereitschaft zu erfüllen, bleibt abzuwarten.

6 Der Weg zu einer humanorientierten Logistikarbeit

Die Transformation zu Logistik 4.0 birgt nicht nur Chancen für den zukünftigen Unternehmenserfolg, sondern wird zunehmend obligatorisch, um die Wettbewerbsfähigkeit weiterhin aufrecht zu erhalten und auszubauen. Dabei ist zu bedenken, dass diese Metamorphose nicht deterministisch orientiert ist, sondern individuell gestaltet und durchgeführt vonstattengeht (vgl. Acatech 2016a, S. 29). Hieraus lassen sich Handlungsempfehlungen für Unternehmen wie auch für die Politik ableiten, die unter den Rahmenbedingungen fortschreitender Digitalisierung eine humanorientierte Logistikarbeit ermöglichen.

6.1 Handlungsempfehlungen für Unternehmen

Zwischen großen Unternehmen und KMU zeigt sich ein stark diversifiziertes Bild hinsichtlich des Enthusiasmus zum digitalen Wandel. Kleine und mittelständische Unternehmen bewerten die Chancen, die mit diesem einhergehen, deutlich verhaltener als große Unternehmen (vgl. Acatech 2016b, S. 11-12). Hier muss weiterhin ein Umdenken generiert werden, sodass das Management erkennt, dass der vierte Paradigmenwechsel ein Mittel zum Erhalt und Ausbau von Handlungs- und Reaktionsfähigkeit ist. Die damit verbundene Kostenscheu sollte als Investition mit Weitsicht betrachtet werden.

Mit Veränderungen, die auf technologische Entwicklungen zurückgehen, sollte eine Überprüfung des eigenen Geschäftsmodells und der damit verbundenen Tätigkeitsfelder stattfinden, um letztendlich nicht die Agilität zu verlieren. Auch veränderte Kundenbedürfnisse sowie die Kompetenzen der Partner_innen und Lieferant_innen sollten hierbei betrachtet werden (vgl. Acatech 2016a, S. 28). Hierzu zählen auch mögliche Veränderungen der Organisations- und Personalstruktur.

Plant ein Unternehmen die digitale Transformation hin zu einer Logistik 4.0, ist die Ausarbeitung einer detaillierten Strategie grundlegend (vgl. Acatech 2016a). So werden Ad-hoc-Maßnahmen, die mitunter wirkungslos bleiben könnten, im Vorfeld unterbunden und führen nicht zu einer Kapitalverschwendung. Besonders für KMU wurden zur Orientierung Kompetenzzentren eingerichtet, die bei dieser Aufgabe wertvolle Unterstützung leisten können (vgl. bspw. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2017a).

Für einen erfolgreichen Wandel zu einem Logistik 4.0-Betrieb muss nicht nur auf Unternehmensebene ein Umdenken stattfinden, sondern auch bei allen Mitarbeiter_innen des Betriebs. Auch Mitarbeiter_innen müssen die Notwendigkeit des Fortschritts erkennen. Erfahrungsgemäß könnten dabei insbesondere bei älteren Mitarbeiter_innen Akzeptanzprobleme auftreten. Durch Veränderungen im Tagesgeschäft wird die Qualifizierung der Mitarbeiter_innen auf allen Unternehmensebenen unentbehrlich, um die notwendigen Digitalisierungsinhalte zu vermitteln (vgl. Ovtcharova et al. 2015, S. 111). Qualifizierungsmaßnahmen sind weiterhin ein Mittel, um auftretenden Ängsten vor möglichen Arbeitsplatzverlusten entgegenzuwirken und das Vertrauen der Arbeitnehmer_innen zu den Arbeitgeber_innen zu stärken. Dies kann auch

die Akzeptanz für neue Arbeitsinhalte oder -umgebungen stärken. Hierbei sollte die ganze Lieferkette im Blick behalten werden und die Qualifizierung sollte nicht ausschließlich bei den Tätigkeitsfeldern und bei den Unternehmensgrenzen enden, da technologische Innovationen mitunter Auswirkungen auf weitere vor- und nachgelagerte Akteur_innen der Wertschöpfungskette haben.

6.2 Handlungsempfehlungen für die Politik

Als Wegweiser für die Wirtschaft hat die Landesregierung großen Einfluss auf den digitalen Wandel. Die zukünftige Wirtschaftsleistung, die direkt mit dem Unternehmenserfolg der ansässigen Betriebe in Verbindung steht, ist essentiell für den Haushalt des Landes. Daher engagiert sich auch die Politik, um die Herausforderung der Transformation zu Logistik 4.0 erfolgreich zu bestehen. Im Folgenden werden die derzeitigen Aktivitäten der Landesregierung bewertet, um anschließend noch weiteren Handlungsbedarf abzuleiten.

Im Januar 2015 hat die Landesregierung in ihrer Regierungserklärung die Wichtigkeit des digitalen Wandels unter dem Motto ‚MegaBits. MegaHerz. MegaStark‘ herausgestellt und sich zum Ziel gesetzt, Vorreiter in der Industrie 4.0 zu werden (vgl. Kraft 2015). Um den digitalen Wandel als Vorreiter vollziehen zu können und der Entstehung bzw. dem Ausbau einer „doppelten digitalen Kluft“ (Acatech 2016a, S. 4) – auf der einen Seite zwischen Großunternehmen und KMU und auf der anderen Seite zwischen hoch- und geringqualifizierten Arbeitnehmer_innen – entgegenzuwirken, hat die Landesregierung ein strategisches Vorgehen ausgearbeitet, das im Grundsatz drei maßgebende Punkte umfasst (vgl. Landesregierung Nordrhein-Westfalen 2016, S. 3):

- Ausbau der Infrastruktur für flächendeckend schnelles Internet
- Strategie zur Förderung und Stärkung junger Unternehmen der digitalen Wirtschaft
- Unterstützung von Industrie und Mittelstand bei der Transformation zu Industrie 4.0

Zum Ausbau der Internetinfrastruktur hat sich die Landesregierung zum Ziel gesetzt, bis 2018 eine Breitbandversorgung von 50 Mbit/s flächendeckend zu gewährleisten; langfristig soll diese glasfaserbasiert auf über 100 Mbit/s gesteigert werden. Diese Maßnahmen bilden eine ausreichende infrastrukturelle Grundlage, um die umfassende Vernetzung aller logistischen Akteur_innen und Objekte zu gewährleisten. Im internationalen Vergleich sind diese Maßnahmen jedoch als eher mittelmäßig einzuordnen.

Die Förderung und Stärkung junger Unternehmen soll primär in der Förderung von Start-ups münden. Hierzu hat das Land die Initiative ‚Digitale Wirtschaft NRW‘ gestartet und einen Beauftragten für Digitale Wirtschaft ernannt, der vorwiegend die Transformation der Industrie und des Mittelstands unterstützen, digitale Innovationen über Start-ups des Landes im Blick behalten und ein Band zwischen Industrie, KMUs und Start-ups für digitale Prozesse und Modelle

schaffen soll. Ob diese Maßnahmen ausreichen, den in Deutschland seit einigen Jahren zu beobachtenden generellen Abwärtstrend bei Unternehmensgründungen aufzuhalten, bleibt fraglich (vgl. dazu auch allgemein Pinkwart 2016 und für die Logistik Wyman 2017). Dies ist von besonderer Brisanz für (potentielle) Logistik-Start-ups in NRW, da das dichtbesiedelste Bundesland bspw. viel Potential für innovative Distributionskonzepte birgt. Die politischen Rahmenbedingungen für Start-ups sollten folglich weiter verbessert werden.

Bei der Unterstützung von Industrie und Mittelstand im digitalen Wandel setzt die Landesregierung ihren Fokus auf Leitmarktwettbewerbe, besonders für kleine und mittelständische Unternehmen, um Innovationen bei Produktentwicklungen und in Prozessen zu fördern. Ein weiteres Hauptaugenmerk liegt ebenso auf dem Auf- und Ausbau von Kompetenznetzwerken, um den Knowhowtransfer zwischen Wissenschaft, Industrie und Wirtschaft zu fördern.

Auch die Bildungseinrichtungen – von Schule bis Universität – sind in den Maßnahmen der Landesregierung mit bedacht, da diese eine bedeutende Stellschraube für den zukünftigen Unternehmenserfolg darstellen. Neuausrichtungen von Lehrplänen und Studieninhalten, die Schaffung innovativer Studiengänge und die Ausstattung von Bildungseinrichtungen stellen hier die wichtigsten Einflussfaktoren dar.

Politische Handlungsempfehlungen seitens der Wissenschaft, um den digitalen Wandel zu unterstützen, existieren seitens der Acatech. So wird empfohlen, eine Lernstandserhebung für Medien- und Digitalisierungskompetenzen zu entwickeln und durchzuführen. Die Medienkompetenzen bezeichnen hierbei die technischen und organisatorischen Fähigkeiten im Zusammenhang mit neuen Medien; Digitalisierungskompetenzen beziehen sich auf die Sachkenntnis über die Wirkungsmechanismen und die Verhaltensweisen innerhalb der digitalen Welt (vgl. Acatech 2016a, S. 31 ff.). Daraus ließen sich Rückschlüsse auf das Digitalisierungswissen ziehen und Qualifizierungen zur Förderung entwickeln.

Zudem sollten die Unternehmen in NRW weiterhin für die Wichtigkeit der Transformation zu Logistik 4.0 sensibilisiert werden. Förderlich hierfür wären neben den bereits bestehenden Kompetenzzentren weitere Plattformen zum Erfahrungsaustausch, um bspw. das heiß diskutierte Thema IT-Sicherheit anzugehen, das alle Unternehmen tangiert und in Aus- und Weiterbildung verankert werden muss. In diesem Zusammenhang wird es weiterhin von großer Bedeutung sein, das Wissen in die regionalen und lokalen Logistikbetriebe zu bringen. Demonstrationszentren, die konkrete Anwendungsfälle von Logistik 4.0 zeigen, sind ein guter Ansatz, der seitens der Landesregierung weiter gefördert werden sollte.

Grundsätzlich müssen bestehende Ausbildungsangebote an den digitalen Wandel und seine Dynamik angepasst werden. Dies gilt für Berufsschulen wie auch für Ausbildungsbetriebe gleichermaßen. Nicht nur eine inhaltliche Anpassung ist hier notwendig, um Medien- und Digitalisierungskompetenzen erfolgreich zu vermitteln; auch das Equipment, mit dem ausgebildet wird, muss dringend dem Stand der Technik angepasst werden. Damit gehen weiterhin die Qualitätssteigerung des Lehrmaterials, z. B. durch Nutzung unterschiedlicher, neuer Medien, wie auch

kontinuierliche Fortbildungen des Ausbildungspersonals einher, um Inhalte erfolgreich an die Auszubildenden zu vermitteln. Interdisziplinäres Arbeiten sollte vermehrt in die Lehrpläne aufgenommen werden. Denn die Erfahrung um Logistik 4.0 hat gezeigt, dass den mit der digitalen Transformation einhergehenden Herausforderungen nicht ausschließlich technisch begegnet werden kann, da sie mitunter weitreichende (soziale) Folgen für Logistikarbeit haben.

Da die Forschung elementare Beiträge für die Fortentwicklung der Wirtschaft leistet und sich den inhaltlichen und methodischen Schwierigkeiten der Transformation zu Logistik 4.0 stellt, die Auswirkungen auf die Arbeitswelt von allen Seiten beleuchtet und innovative Vorschläge zur Aus- und Weiterbildung und Qualifikation beiträgt, ist es unerlässlich, dies auch in Zukunft politisch zu fördern, um auch weiterhin eine erfolgreiche Umsetzung von der Theorie in die Praxis zu gewährleisten.

Die fortschreitende Digitalisierung wird auch vor der Logistik nicht haltmachen. Auch wenn die Logistikbranche historisch betrachtet nicht gerade als Innovationstreiber glänzte, ist es doch die Logistik, die die Implementierung technologischer Innovationen über die gesamte Wertschöpfungskette realisiert. Die damit einhergehenden Auswirkungen auf die Logistikarbeit werden diese teilweise grundlegend verändern. Die beschriebenen Maßnahmen können jedoch dazu beitragen, diesen Wandel positiv zu gestalten.

Literatur

- Abel, Jörg/Hirsch-Kreinsen, Hartmut/Ittermann, Peter (2014): Einfacharbeit in der Industrie. Strukturen, Verbreitung und Perspektiven, Berlin: edition sigma.
- Acatech (Hrsg.) (2016a): Positionspapier der Acatech zu Kompetenzen für Industrie 4.0. Qualifizierungsbedarfe und Lösungsansätze, München: Acatech.
- Acatech (Hrsg.) (2016b): Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0. Erste Ergebnisse und Schlussfolgerungen, München: Acatech.
- Amazon (2017): Ultraschnelle Lieferung, <https://primenow.amazon.de/onboard?sourceUrl=%2F> (Zugriff: 24. April 2017).
- Bauer, Harald/Baur, Cornelius/Camplone, Gianluca/George, Katy/Ghislanzoni, Giancarlo/Huhn, Wolfgang/Kayser, Detlef/Löffler, Markus/Tschiesner, Andreas/Zielke, Andreas E./Cattell, Jamie/Giet, Laurent/Kelly, Richard/Muschter, Sebastian/Soubien, Francois/Wee, Dominik/Breunig, Matthias/Dufour, Mathias/Lim, Jay/Bromberger, Jörg/Rath, Kai Peter/Saß, Björn/Jüngling, Konstantin (2015): Industry 4.0. How to navigate digitalization of the manufacturing sector, Frankfurt: McKinsey Digital.
- BIBA – Bremer Institut für Produktion und Logistik (2014): RoboScan '14. Kurzreport zu den Studienergebnissen der Onlinebefragung zum Markt der Robotik-Logistik, Bremen: BIBA.
- Bonin, Holger/Terry, Gregory/Zierahn, Ulrich (2015): Übertragung der Studie von Frey/Osborne (2013) auf Deutschland, Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Mannheim: ZEW.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hrsg.) (2017a): Mittelstand 4.0. Kompetenzzentren, <http://www.mittelstand-digital.de/DE/Foerderinitiativen/Mittelstand-4-0/kompetenzzentren.html> (Zugriff: 13. April 2017).
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hrsg.) (2017b): Was ist Industrie 4.0?, <http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Industrie40/WasIndustrie40/was-ist-industrie-40.html> (Zugriff: 24. April 2017).
- Bundesverband Paket und Expresslogistik (2016): KEP-Studie 2016. Analyse des Marktes in Deutschland, http://www.biek.de/tl_files/biek/downloads/papiere/BIEK_KEP-Studie_2016.pdf (Zugriff: 19. Mai 2017).
- Cavanillas, Jose Maria/Curry, Edward/Wahlster, Wolfgang (2016): New horizons for a data-driven economy. A Roadmap for Usage and Exploitation of Big Data in Europe, Madrid/Galway/Saarbrücken: Springer Verlag.

- Cirullies, Jan/Schwede, Christian (2015): Logistische Assistenzsysteme. Robustheit trotz schlanker Prozesse mit minimalen Puffern. In: Pradel, Uwe-Heiner/Süssguth, Wolfram/Piontek, Jochen/Schwolgin, Armin F. (Hrsg.): Praxishandbuch Logistik. Erfolgreiche Logistik in Industrie, Handel und Dienstleistungsunternehmen. Loseblattsammlung, Neuwied: Wolters Kluwer.
- DB Netze (Hrsg.) (2014): Das künftige europaweit standardisierte Zugbeeinflussungssystem. Informationen zur Einführung von ETCS bei der DB Netz AG, http://fahrweg.dbnetze.com/fahrweg-de/technik/strukturseite/etcs_allgemeine_informationen.html (Zugriff: 24. April 2017).
- DB Netze (Hrsg.) (2016): DUSS-Terminal Köln Eifeltor. Im logistischen Zentrum Europas, http://www.deutschebahn.com/ecm2-duss/start/terminals_uebersicht/1633540/terminal_koeln.html (Zugriff: 09. März 2017).
- De Koster, René/Le-Duc, Tho/Roodbergen, Kees J. (2007): Design and control of warehouse order picking. A literature review. In: European Journal of Operational Research 182, Nr. 2, S. 481-501.
- Deutsche Bahn Netz AG (Hrsg.) (2014): European Train Control System bei der DB Netz AG, Frankfurt am Main: Deutsche Bahn Netz AG.
- DHL (Hrsg.) (2015): DHL testet erfolgreich Augmented Reality-Anwendung im Lagerbetrieb. In: DHL-Pressemitteilungen 26.01.2015, http://www.dpdhl.com/de/presse/pressemitteilungen/2015/dhl_testet_augmented_reality-anwendung.html (Zugriff: 28. Juli 2017).
- Dombrowski, Uwe/Riechel, Christoph/Evers, Maren (2014): Industrie 4.0. Die Rolle des Menschen in der vierten industriellen Revolution. In: Kersten, Wolfgang/Koller, Hans/Lödding, Hermann (Hrsg.): Industrie 4.0. Wie intelligente Vernetzung und kognitive Systeme unsere Arbeit verändern, Berlin: GITO mbH Verlag, S. 129-153.
- Dortmunder Hafen (Hrsg.) (2017): Daten & Fakten, <http://www.dortmunder-hafen.de/hafen/daten-fakten/> (Zugriff: 09. März 2017).
- Duisburger Hafen AG (Hrsg.) (2015): Geschäftsbericht 2015, Duisburg: Duisburger Hafen.
- Duisport AG (Hrsg.) (2017): Damit alles fließt. Integrated Truck Guidance, <http://www.duisport.de/verkehrsleitsystem/> (Zugriff: 11. April 2017).
- Düsseldorf Airport (Hrsg.) (2015): Geschäftsbericht 2015, Düsseldorf: Düsseldorf Airport.
- EffizienzCluster Logistik e. V. (Hrsg.) (2010): Satzung EffizienzCluster Logistik e. V., http://www.effizienzcluster.de/files/7/564/279_effizienzcluster_logistik_e_v_satzung_1_.pdf (Zugriff: 28. Juli 2017).

- EffizienzCluster Logistik e. V. (Hrsg.) (2017): Innovationen managen. Eine Vision, klare Ziele, <http://www.effizienzcluster.de/de/effizienzcluster/clustermanagement/clustermanagement.php> (Zugriff: 05. April 2017).
- Fiege Gruppe (Hrsg.) (2016): Fulfillmentdienstleister Fiege kauft intelligente Kommissionier-Roboter von Magazino. In: Fiege-Pressemeldung 07.09.2016, <http://www.mynewsdesk.com/de/magazino/pressreleases/fulfillmentdienstleister-fiege-kauft-intelligente-kommissionier-roboter-von-magazino-1543738> (Zugriff: 28. Juli 2017).
- Fiedler, Martin (2017): Inventairy. Identifikation mit autonomen Flugrobotern, http://www.inventairy.de/p/projekt_431.html (Zugriff: 05. April 2017).
- Fraunhofer IML (Hrsg.) (2017): Smart Assistance for Humans in Production Systems, http://www.smarpro.de/?page_id=5 (Zugriff: 05. April 2017).
- Freitag, Michael/Thamer, Hendrik/Lappe, Dennis/Uriarte, Claudio (2015): 4.0 Perspektiven in der Intralogistik durch Industrie 4.0. In: Schenk, Michael/Zadek, Hartmut/Müller, Gerhard/Richter, Klaus/Seidel, Holger: 20. Magdeburger Logistiktage ‚Sichere und nachhaltige Logistik‘, Magdeburg: Fraunhofer IFF, S. 15-24.
- Frey, Carl Benedikt/Osborne, Michael A. (2013): The Future of Employment. How Susceptible Are Jobs To Computerisation?, Oxford: Universität Oxford.
- Gabler (2017): Gabler Wirtschaftslexikon. Stichwort: Produktion, <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/13462/produktion-v8.html> (Zugriff: 30. März 2017).
- Gesellschaft für Informatik (2017): Big Data, <https://www.gi.de/service/informatiklexikon/detailansicht/article/big-data.html> (Zugriff: 07. April 2017).
- Handelsblatt GmbH (2017): Liefer-Roboter sollen die Städte erobern, <http://www.handelsblatt.com/unternehmen/handel-konsumgueter/hermes-metro-dominos-liefer-roboter-sollen-die-staedte-erobern/13700382.html> (Zugriff: 24. April 2017).
- Heinrici, Timon (2016): Bundesregierung hilft Bahn bei Digitalisierung, <http://www.dvz.de/rubriken/politik/single-view/nachricht/bundesregierung-hilft-bahn-bei-digitalisierung.html> (Zugriff: 26. Sept. 2016).
- Hill, Jürgen (2017): Big Data meets Heavy Metal, <http://www.computerwoche.de/a/big-data-meets-heavy-metal,3329549> (Zugriff: 24. Jan. 2017).
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut (2014): Wandel von Produktionsarbeit. ‚Industrie 4.0‘. Soziologisches Arbeitspapier 38/2014, Dortmund: TU Dortmund.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut (2016): Die Zukunft einfacher Industriearbeit, Bonn: Friedrich Ebert Stiftung.

- Holst, Hajo/Singe, Ingo (2013): Ungleiche Parallelwelten. Zur Organisation von Arbeit in der Paketzustellung. In: Arbeits- und Industriesoziologische Studien 6, Nr. 2, S. 41-60.
- Industrie- und Handelskammer zu Dortmund (Hrsg.) (2016): Die Besten im Westen. Top-Unternehmen in der Region der Industrie- und Handelskammer zu Dortmund, Dortmund: IHK.
- Information und Technik Nordrhein-Westfalen (2016): Güterverkehr der Eisenbahnen in NRW, https://www.it.nrw.de/statistik/n/daten/eckdaten/r521gueter_eb.html (Zugriff: 24. April 2017).
- Ittermann, Peter/ Niehaus, Jonathan/Hirsch-Kreinsen, Hartmut/Dregger, Johannes/ten Hompel, Michael (2016): Social Manufacturing and Logistics. Gestaltung von Arbeit in der digitalen Produktion und Logistik. Soziologisches Arbeitspapier Nr. 47/2016, Dortmund: Universitätsbibliothek Dortmund.
- Jockel, Otto/Müller, Christian (2014): Logistikregion Rheinland. Eine deskriptive Aufnahme, Neuss: Hochschule Neuss für internationale Wirtschaft.
- Jörgl, Thilo (2013): Innovationen. Logistiker erkennen Bedeutung, <http://www.logistik-heute.de/Logistik-News-Logistik-Nachrichten/Markt-News/10947/BVL-stellte-Umfrage-Ergebnisse-auf-dem-30-Deutschen-Logistik-Kongress-vor-In> (Zugriff: 16. Juni 2014).
- Jost, Jana/Kirks, Thomas/Mättig, Benedikt/Sinsel, Alexander/Trapp, Thies Uwe (2014): Der Mensch in der Industrie. Innovative Unterstützung durch Augmented Reality. In: Vogel-Heuser, Birgit/ten Hompel, Michael/Bauernhansl, Thomas: Handbuch Industrie 4.0. Band 1, Berlin: Springer Verlag, S. 153-173.
- Köln Bonn Airport (Hrsg.) (2015): Flughafen Köln/Bonn GmbH, <http://www.koeln-bonn-airport.de/unternehmen/flughafen-koelnbonn-gmbh/> (Zugriff: 09. März 2017).
- Kraft, Hannelore (2015): Menschen verbinden – MegaBits. MegaHerz. MegaStark. Regierungserklärung vor dem Landtag Nordrhein-Westfalen vom 29.01.2015, https://www.land.nrw/sites/default/files/asset/document/regierungserklaerung_mp_kraft_vor_dem_landtag_29_01_2015.pdf (Zugriff: 28. Juli 2017).
- Kübler, Annemarie/Distel, Stefan/Veres-Homm, Uwe (2015): Logistikbeschäftigung in Deutschland. Vermessung, Bedeutung, Struktur, Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
- Landesregierung Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2016): ‚NRW 4.0‘. Digitaler Wandel in Nordrhein-Westfalen. In: Fortschrittsbericht der Landesregierung vom 22.01.2016, https://www.land.nrw/sites/default/files/asset/document/digitaler_wandel_in_nrw_-_fortschrittsbericht_der_landesregierung.pdf (Zugriff: 28. Juli 2017).

Lemke, Tim (2015): What is the Data-Driven Economy?, <https://www.uschamberfoundation.org/blog/post/what-data-driven-economy/42411> (Zugriff: 05. Jan. 2015).

LogistikCluster NRW (Hrsg.) (2015): Landesfakten. Europas größter Absatz- und Beschaffungsmarkt, <http://www.log-it-club.de/logistikstandortnrw/zahlen-daten-fakten/landesfakten/> (Zugriff: 09. März 2017).

LogistikCluster NRW (Hrsg.) (2017): LogistikRegionen in NRW, <http://www.log-it-club.de/logistikstandortnrw/logistikregionen-in-nrw/> (Zugriff: 24. April 2017).

McKinsey & Company (Hrsg.) (2014): McKinsey Studie: Warenezustellung am selben Tag vor dem Durchbruch. In: McKinsey-Pressemitteilung vom 08.04.2014, <https://www.mckinsey.de/warenezustellung-am-selben-tag-vor-dem-durchbruch> (Zugriff: 28. Juli 2017).

Ministerium für Wirtschaft, Energie, Bauen, Wohnen und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2010): Mobilität in Nordrhein-Westfalen Daten und Fakten 2010. Straßenverkehr – ÖPNV und Eisenbahn – Binnenschiffsverkehr – Luftverkehr, Düsseldorf: Ministerium für Wirtschaft, Energie, Bauen, Wohnen und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen.

Ministerium für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2015): Ergebnisse automatischer Dauerzählstellen an den „Freien Strecken“ der Straßen des überörtlichen Verkehrs in Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf: Ministerium für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen.

Ministerium für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2016): Wasserstraßen-, Hafen- und Logistikkonzept des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf: Ministerium für Bauen, Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen.

Ministerium für Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2017a): Verkehr allgemein, http://www.mbwsv.nrw.de/verkehr/verkehr_allgemein/index.php (Zugriff: 10. März 2017).

Ministerium für Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2017b): Rhein-Ruhr-Express, http://www.vm.nrw.de/verkehr/rhein_ruhr_express/index.php (Zugriff: 04. August 2017).

Ministerium für Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2017c): Daten und Fakten, http://www.vm.nrw.de/verkehr/schiffahrt/Daten_und_Fakten/index.php (Zugriff: 04. August 2017).

Ministerium für Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2017d): Straßenverkehr, <http://www.vm.nrw.de/verkehr/strasse/Strassenverkehr/index.php> (Zugriff: 07. August 2017).

- NRW.INVEST GmbH (2017): LOGISTICS AT ITS BEST. Broschüre, Stand: März 2017, https://www.nrwinvest.com/fileadmin/user_upload/downloads/DE-Broschueren/LOGISTICS-AT-ITS-BEST-NRW-DE-170116-2.pdf (Zugriff: 28. Juli 2017).
- OstWestfalenLippe GmbH (Hrsg.) (2016): OstWestfalenLippe – Daten.Zahlen.Fakten, Bielefeld: OstWestfalenLippe GmbH.
- Ovtcharova, Jivka/Häfner, Polina/Häfner, Victor/ Katicic, Jurica/Vinke, Christina (2015): Innovation braucht Resourceful Humans. Aufbruch in eine neue Arbeitskultur durch Virtual Engineering. In: Botthof, Alfons/Hartmann, Ernst Andreas (Hrsg.): Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0, Berlin: Springer Verlag, S. 111-124.
- Peter, Jutta/Hertleif, Maria (2016): Logistik am Mittleren Niederrhein. Verflechtungsanalyse von Logistikunternehmen und verladender Wirtschaft, Hrsg. Prognos AG, Düsseldorf: Prognos AG.
- Pinkwart, Andreas (2016): Analyse des Gründungsgeschehens in Deutschland. Mit Vorschlägen zur Verbesserung der Gründungsbedingungen. Studie der HHL Leipzig Graduate School of Management, Leipzig: HHL.
- Pfeiffer, Sabine/ Suphan, Anne: Der AV-Index. Lebendiges Arbeitsvermögen und Erfahrung als Ressource auf dem Weg zu Industrie 4.0. In: Working Paper 2015#1, Hohenheim: Universität Hohenheim, FG. Soziologie.
- Prismat (2017): Pick-by-Vision meets SAP EWM. Kommissionieren mit Smart Glasses. In: Infoblatt Prismat, https://www.prismat.de/fileadmin/user_upload/publikationen/kooperationsflyer/infoblatt-partnerschaft-ubimax-und-prismat.pdf (Zugriff: 28. Juli 2017).
- Projektgruppe Social Manufacturing and Logistics (SoMaLI) (Hrsg.) (2015): Digitalisierung von Industriearbeit. Forschungsstand und Entwicklungsperspektiven, Dortmund: Projektgruppe Social Manufacturing and Logistics.
- Schlesiger, Christian/Hielscher, Hendryk/Schumacher, Harald/Henrich, Anke: Kleine Völkerwanderung aus Osteuropa, <http://www.wiwo.de/politik/konjunktur/arbeitsmarkt-kleine-voelkerwanderung-aus-osteuropa-seite-5/5262136-5.html> (Zugriff: 10. Juni 2015).
- Siemens Division Mobility (2016): Die Digitalisierung der Mobilität, Berlin: Siemens.
- SmartFactory OWL (Hrsg.) (2017): Die SmartFactoryOWL. Industrie 4.0@Work, <http://www.smartfactory-owl.de/index.php/smartfactory> (Zugriff: 11. April 2017).
- Söllner, René (2014): Die wirtschaftliche Bedeutung kleiner und mittlerer Unternehmen in Deutschland, Wiesbaden: Statistisches Bundesamt.

Staatskanzlei des Landes Nordrhein-Westfalen (2017): NRW mit größtem BIP aller Bundesländer, <https://www.land.nrw/de/2014-groesstes-bruttoinlandsprodukt-aller-bundeslaender> (Zugriff: 28. Juli 2017).

Statistisches Bundesamt (2015): Städte (Alle Gemeinden mit Stadtrecht) nach Fläche, Bevölkerung und Bevölkerungsdichte am 31.12.2015, <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/LaenderRegionen/Regionales/Gemeindeverzeichnis/Administrativ/Aktuell/02Bundeslaender.html> (Zugriff: 07. August 2017).

Statistisches Bundesamt (2017): Bundesländer mit Hauptstädten nach Fläche, Bevölkerung und Bevölkerungsdichte, <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/LaenderRegionen/Regionales/Gemeindeverzeichnis/Administrativ/Aktuell/02Bundeslaender.html> (Zugriff: 07. August 2017).

Straub, Natalia (2017): ABEKO Projektblatt, Dortmund: ABEKO.

TechnologieZentrumDortmund (2017): Das TZDO, <http://www.tzdo.de/de/tzdo/ueber-uns.htm> (Zugriff: 24. April 2017).

ten Hompel, Michael/Rehof, Jakob/Heistermann, Frauke (2014): Positionspapier zu Logistik und IT als Innovationstreiber für den Wirtschaftsstandort Deutschland, Berlin: Bundesvereinigung Logistik.

ten Hompel, Michael/Delfmann, Werner/Kersten, Wolfgang/Stölzle, Wolfgang/Schmidt, Thorsten (2017a): Positionspapier zu Logistik als Wissenschaft. Zentrale Forschungsfragen in Zeiten der vierten industriellen Revolution, Berlin: Bundesvereinigung Logistik.

ten Hompel, Michael/Schmidt, Thorsten/Dregger, Johannes (2017b): Materialflusssysteme. 4. Auflage (Veröffentlichung voraussichtlich Herbst 2017), Wiesbaden: Springer.

Tönnemann, Jens (2015): Wagen statt warten, <http://www.zeit.de/2015/20/digitalisierung-mittelstand-arbeitsplaetze> (Zugriff: 15. Juni 2015).

Verkehrsrundschau (Hrsg.) (2015): Siemens und Duisport wollen LKW-Verkehrsleitsystem für Häfen entwickeln, <http://www.verkehrsrundschau.de/siemens-und-duisport-wollen-lkw-verkehrsleitsystem-fuer-haefen-entwickeln-1633907.html> (Zugriff: 04. Mai 2015).

Wilkens, Andreas (2015): Daimlers autonomer Lkw darf auf Nevadas Straßen fahren, <http://www.heise.de/newsticker/meldung/Daimlers-autonomer-Lkw-darf-auf-Nevadas-Strassen-fahren-2635468.html> (Zugriff: 16. Juni 2015).

Wyman, Oliver (2017): Start-ups rollen Logistikbranche auf, http://www.oliverwyman.de/content/dam/oliver-wyman/europe/germany/de/who-we-are/press-releases/2017/Dokumente/Oliver_Wyman_Logistik_Startups_DE.pdf (Zugriff: 19. Mai 2017).

Über die Autoren



Johannes Dregger

Johannes Dregger ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und stellvertretender Oberingenieur am Lehrstuhl für Förder- und Lagerwesen FLW von Prof. Dr. Michael ten Hompel an der TU Dortmund. In seinen Forschungstätigkeiten untersucht er die Digitalisierung in Logistik und Produktion und die damit verbundenen Auswirkungen auf Industriearbeit. Im Leistungszentrum Logistik und IT verantwortet er die wissenschaftliche Koordination.



Michael Schmidt

Michael Schmidt ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML. Als Leiter des Leistungszentrums Logistik und IT beschäftigt er sich schwerpunktmäßig mit der Entwicklung strategischer Forschungsroadmaps in der Logistik für den Forschungs- und Entwicklungsstandort Dortmund.



Thorsten Hülsmann

Thorsten Hülsmann ist Geschäftsführer der EffizienzCluster Management GmbH und Abteilungsleiter strategische Initiativen des Fraunhofer-Instituts für Materialfluss und Logistik IML. Er beschäftigt sich mit der Begleitung von Innovationsprozessen in Unternehmen und Netzwerken und dem Management von Initiativen an der Schnittstelle Innovation und angewandte Forschung.

Das Forschungsinstitut für gesellschaftliche Weiterentwicklung (FGW)

Das Forschungsinstitut für gesellschaftliche Weiterentwicklung (FGW) wurde mit Unterstützung des Ministeriums für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein- Westfalen im September 2014 als eigenständiger, gemeinnütziger Verein mit Sitz in Düsseldorf gegründet. Aufgabe und Ziel des FGW ist es, in Zeiten unübersichtlicher sozialer und ökonomischer Veränderungen neue interdisziplinäre Impulse zur gesellschaftlichen Weiterentwicklung zu geben und politische Gestaltungsoptionen für die Gewährleistung sozialer Teilhabe in einer sozial integrierten Gesellschaft zu entwickeln. Durch die Organisation innovativer Dialogformate und die Förderung zukunftsorientierter Forschungsprojekte will die neue Forschungsstelle die Vernetzung von Wissenschaft, Politik und zivilgesellschaftlichen Akteur_innen vorantreiben und den zielgruppengerechten Transfer neuer Forschungsergebnisse gewährleisten.

Weitere Informationen zum FGW finden Sie unter: www.fgw-nrw.de

Der Themenbereich „Digitalisierung von Arbeit - Industrie 4.0“

Zentrale Aufgabe des Arbeitsbereichs des FGW ist es, die sozialen und wirtschaftlichen Folgen und wirtschafts- und sozialpolitischen Implikationen der Digitalisierung von Arbeits- und Produktionsprozessen zu erforschen. Ziel ist eine Forschung, die von Anfang an in engem Dialog mit den Gestaltungsakteur_innen aus der betrieblichen Praxis sowie aus Politik und Zivilgesellschaft, Chancen und Risiken identifiziert. Initiiert werden soll Forschung, die empirisch fundiertes, praxisrelevantes Überblickswissen generiert und damit Gestaltungsanforderungen im Hinblick auf Arbeit aufzeigt und gesellschaftlich und betrieblich „bearbeitbar“ macht. Gestaltungsoptionen für gute Arbeit sollen in thematisch strukturierten Forschungssynthesen und empirischen Forschungsprojekten ausgelotet und mit einem ressort- und fachübergreifenden, aber auch betriebs- und branchenübergreifenden Dialog zu Industrie 4.0 verzahnt werden.

Weitere Informationen zum Profil und zu den aktuellen Aktivitäten des Themenbereichs finden Sie unter: www.fgw-nrw.de/industrie
